

TRABALHO DE SÍNTESE

A linguagem da gravidade.

Para uma reflexão sobre o ensino da razão e ser dos elementos
arquitectónicos estruturais.

"Caesar, et a te et ab is qui ea volumina sunt levaturi, ut si quid parum ad regulam artis grammaticae fuerit explicatum ignoscatur. namque non uti summus philosophus nec rhetor disertus nec grammaticus summis rationibus artis exercitatus sed ut architectus is litteris haec nisus sum scribere. de artis vero potestate quaeque insunt in ea ratiocinationes polliceor."

[VITRUVIO, 20 A.C.]

“Assim, oh César! Eu te suplico, a ti e a quantos o meu livro lerem, que se algo está explicado com arredo às leis do bem dizer (da Gramática), que me seja perdoado, pois contudo não sou, nem um grande filósofo, nem um eloquente orador, nem um excelente gramático, antes um modesto arquitecto, que pôs o seu empenho em escrever estas matérias que não lhe são estranhas.”

[VITRUVIO, 20 A.C.]

ÍNDICE

Preâmbulo	pág.23
1 Apresentação.	pág.24
2 Constituição e enquadramento disciplinar do tema.	pág.25
3 Enunciação.	pág.29
4 Revisão bibliográfica.	pág.30
Introdução	pág.34
1ª. Parte	pág.39
Para uma Definição da Linguagem da Gravidade. [ou em Busca da Leveza e da Transparência]	
1 Definição da linguagem da gravidade.	pág.40
2 Breve percurso pela história da Linguagem da Gravidade.	pág.43
3 A cultura da compressão e a cultura da tracção.	pág.85
2ª. Parte	pág.88
Objecto, Projecto e Ensino.	
Tema I	pág.89
O Objecto Architectónico Enquanto Artefacto Técnico.	
1 A natureza do artefacto técnico.	pág.90
2 A questão da técnica e da tecnologia em arquitectura.	pág.94
3 O conceito de <i>techné</i> e o papel da função estética.	pág.101
Tema II	pág.106
O Saber Técnico no Projecto: entre a Invenção e a Criação.	
1 O Projecto: entre a criação e a invenção.	pág.107
2 A inter, pluri, multi e transdisciplinaridade do Projecto.	pág.116
3 O Projecto como montagem criativa.	pág.120

Tema III pág.124
O ensino da Ciência da Construção.

1 | A natureza da aprendizagem em arquitectura. pág.125

2 | O ensino das matérias técnicas. pág.131

Notas Finais pág.139

Bibliografia pág.146

PREÂMBULO

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica conforme fixado no Estatuto da Carreira Docente Universitária. O seu teor enquadra-se na estrutura pedagógica das disciplinas que compõem a área científica de Construção¹, definida no actual Plano de Estudos da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto (Faup).

As notas apresentadas são o resultado da sistematização de algumas preocupações pedagógicas decorrentes da experiência docente na disciplina de *Sistemas e Materiais de Construção* do 3º ano. Com efeito, o texto produzido tenta harmonizar algumas ideias dispersas reunindo-as à volta de um objectivo comum. Não há portanto uma preocupação em estabelecer uma argumentação robusta, mas antes, construir algumas perspectivas sobre o objecto de estudo que possam, num primeiro momento, servir de suporte a uma reflexão alargada.

O objecto geral de trabalho refere-se à natureza do saber técnico do arquitecto cuja formação o deve levar ao fortalecimento da aptidão de projectar, ou seja, de montar através de mecanismos de síntese uma resposta a um problema através da especificidade da arquitectura. Essa especificidade é “*conceber e expressar ideias de espaço e ambiente; o que implica a capacidade de lhes dar corpo físico com os meios mais adequados; isto é, de saber ver e descrever o todo e as suas partes constituintes «ao mesmo tempo»*”.²

O trabalho inquire algumas das relações estabelecidas entre a formação de um *saber generalista* e a sua simultânea condição de elaborar um objecto cada vez mais dependente e seduzido por conhecimentos tecnológicos especializados. Supõe-se que esta questão é estratégica para a orientação pedagógica de disciplinas onde a transmissão de conteúdos tecnológicos seja parte integrante do

¹ O grupo de Construção, 2º grupo na estrutura orgânica da Faup, integra as seguintes disciplinas: Introdução aos Sistemas Construtivos, Sistemas e Materiais de Construção, Sistemas Estruturais, Controlo Ambiental, Redes e Instalações, Infra-Estruturas e Redes Urbanas e Patologia da Construção.

² PORTAS, Nuno – “*Ensino: os Projectos dos Arquitectos*”, Jornal Arquitectos nº201, p.26

programa curricular. Isso acontece de forma particular na disciplina de *Sistemas e Materiais de Construção* da Faup.

2 | Constituição e enquadramento disciplinar do tema.

Depois de um aparente desinteresse pelo potencial expressivo dos materiais e da forma técnica dos elementos construtivos, nota-se que um novo ciclo, iniciado nos anos 90, deu origem a uma produção conceptual que assume as questões ligadas à matéria como tema de projecto. Não se pode dizer que estes entendimentos constituam uma corrente homogénea e localizada; são, pelo contrário, tendências muito particularizáveis, unidas exclusivamente pela forma como recorrem a novos materiais (incluindo os tradicionais mas aplicados de forma atípica) e a soluções técnicas inovadoras. A esta nova orientação projectual pode-se acrescentar a aventura do optimismo tecnológico protagonizado pelas soluções *High-Tech* que, desde os anos 70, continuam a marcar a produção arquitectónica mundial.

A presença destes fenómenos na arquitectura contemporânea levanta claramente duas questões fundamentais ao exercício do projecto: a qualidade da integração da tecnologia na linguagem “poética” da Arquitectura e o tipo de inserção do conhecimento técnico-científico no saber-fazer do arquitecto.

Em arquitectura a aposta no tecnologicamente complexo e inovador constitui, cada vez mais, um factor de sedução social e política pois se por um lado a novidade tem funcionado como factor de curiosidade, por outro, a condição de *ser tecnológico* é tomada demasiadas vezes pela opinião pública como um modelo de um grau civilizacional superior a que se deve ascender.

Neste contexto, a bandeira da sofisticação tecnológica tem sido recorrentemente utilizada com diversos propósitos. Uma das preocupações resultantes é a possibilidade de se criar uma ilusão generalizada, na qual a boa prática disciplinar e o saber projectual dependam de altos níveis de integração e aprofundamento de saberes

fortemente especializados.

Esta situação afecta também o ensino da arquitectura. Em particular, naquelas instituições onde a estrutura pedagógica nunca assentou numa matriz politécnica do saber. Como se sabe, nestas últimas, a presença intensa do conhecimento tecnológico e a inerente aproximação ao sector produtivo fizeram com que a aprendizagem da arquitectura integrasse, em grau maior, disciplinas tecnológicas.

O facto dos modelos formais de referência do imaginário dos alunos serem hoje, maioritariamente, provenientes da produção de arquitectos formados nas escolas³ dominadas pelo paradigma politécnico⁴, pode dar uma boa imagem de alguns atritos que poderão estar a surgir nas escolas que fundamentam o seu ensino num conhecimento mais generalista.

No caso particular da Faup, é clara a ideia de escola implicada nas palavras do arquitecto Fernando Távora, proferidas em 1983, aquando do acto inaugural:

*“É certamente com saudade que abandonaremos uma Escola [de Belas Artes do Porto] que, durante uma longa vida, sempre soube compatibilizar com qualidade o universal e o circunstancial, arte difícil de ser do seu tempo em cada tempo. [...] A ‘barbárie do especialismo’, cujo pecado, creio, todos reconhecemos, e que já no nosso portuense séc. XIX separou as artes das ciências – a Academia e a Politécnica – continua a fustigar-nos, dividindo agora ‘a família das belas-artes’. [...] Sobre a formação do arquitecto já afirmava Vitruvius que ele “deve ... saber escrever e desenhar, ser instruído na geometria e não ser ignorante na óptica, ter aprendido a aritmética e saber muito de História, ter bem estudado a filosofia, ter conhecimento de música e algumas noções de medicina, de jurisprudência e de astrologia”. – As exigências de Vitruvius, formuladas há dezanove séculos, mantêm-se inalteradas na sua generalidade”.*⁵

³ Os exemplos mais conhecidos são a ETH Zurich (Suíça), Technische Universiteit Delft (Holanda); Universidad Politécnica de Catalunya E.T.S.A (Espanha).

⁴ Referimo-nos em particular à produção suíça e alemã, mas também à holandesa e, em alguns casos, à espanhola.

⁵ Fragmento do discurso proferido pelo arquitecto Fernando Távora em 1983, aquando do acto da posse da Comissão Instaladora da Faup. *Guia da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto - 1986*, p.7.

Nesse texto refere-se também o arquitecto como “*especialista – generalista, [...] homem de síntese criadora com capacidade de inteligente análise*”⁶, com uma formação que passaria pela aquisição de um leque de conhecimentos oscilantes entre as matérias originárias das artes e as oriundas das ciências aplicadas. No entanto, como se adiantou, a actual composição do conhecimento, dominada cada vez mais por uma forte especialização e fragmentariedade disciplinar, incrementa “*linguagens formalizadas inacessíveis ao profano*”⁷ as quais, nas áreas onde o trabalho interdisciplinar é congénito, inviabilizam os dispositivos tradicionais de funcionamento.

Se o arquitecto deve manter o estatuto de homem ‘*especialista em generalidades*’, é relevante então questionar o significado desse aparente paradoxo, aferindo o grau de presença, aprofundamento e relacionamento de alguns conhecimentos específicos na prática projectual.

Isso teria que ser enquadrado pela análise da actual organização profissional; nomeadamente, a partir das competências exercidas hoje pelos arquitectos (como se sabe ainda muito alheados dos aspectos técnicos e da gestão da obra enquanto máquina produtiva). Igualmente, deveriam ser considerados: o actual estado do sistema produtivo português; as expectativas criadas pelo mercado das tecnologias de construção, cada vez mais alargado e competitivo; e, também, o enquadramento normativo e legal, a que os edifícios estão cada vez mais sujeitos.

Ainda sobre o funcionamento da Faup, interessa referir sumariamente a estruturação das áreas científicas correspondentes ao actual plano de estudos incluídas no saber disciplinar da Construção.

A organização vertical do curso evidencia uma divisão do grupo em três vertentes didáctico-pedagógicas:

⁶ Ibidem.

⁷ Conforme desenvolve Edgar Morin, esses conhecimentos tendem a ficar fechados de tal forma que é agora impossível assimilá-los e compreendê-los por alguém que esteja de fora. MORIN, Edgar – “*O método: As ideias*”, p.61.

- 1^a. No 2º e 3º ano de escolaridade funcionam, respectivamente, as disciplinas anuais de *Interpretação dos Sistemas Construtivos e Sistemas e Materiais de Construção*, ambas sem precedências e inseridas. Do ponto de vista estritamente programático, este primeiro conjunto foca os seus objectivos pedagógicos numa integração da cultura técnica no projecto, evidenciando quer os valores expressivos da matéria e da forma construtiva quer dando o suporte teórico-científico basilar para a formação de um conhecimento técnico apropriado. Este primeiro patamar significa o último em que o conhecimento é transmitido através de uma desmontagem gradual da problemática gerada pelo confronto entre forma arquitectónica e racionalidade construtiva.
- 2^a. A última disciplina anual do grupo de Construção é *Sistemas Estruturais* do 4º ano. O programa tem como objectivo central dotar os alunos de instrumentos científicos, ainda que simplificados, específicos à engenharia de estruturas, os quais permitirão fazer análise estrutural e proceder ao pré-dimensionamento das soluções adoptadas (em Projecto). Estas matérias têm sido tradicionalmente leccionadas por docentes formados nas Faculdades de Engenharia Civil.
- 3^a. Igualmente conduzidas por engenheiros, funcionam no 4º e 5º ano, em regime semestral, um conjunto de disciplinas tecnológicas, cuja implementação têm como propósito assegurar um conhecimento tecnológico, julgado particularmente importante no controlo multidisciplinar do projecto. Esse saber deveria, segundo a proposta do plano de estudos, garantir “*as novas noções de controlo ambiental na edificação*” e avaliar as cada vez mais sofisticadas “*instalações e redes*” ⁸ (implicitamente ligadas ao programa pedagógico do Projecto do 4ºano). Depois, já no 5ºano, onde o ensino do Projecto é orientado para as questões do território e do espaço urbano, deveria tratar “*das infra-estruturas dos conjuntos urbanos e espaços exteriores públicos e da construção na sua operacionalidade e economia*”⁹. Nessa sequência foram criadas as disciplinas de *Controlo Ambiental, Redes e Instalações, Infra-*

⁸ Proposta de Plano de Estudos da Faup de 1994. Citado em, RAMALHO, Pedro – “*Construção e Projecto*”, texto policopiado apresentado no “Encontro sobre o ensino da arquitectura da Faup - Esposende”.

⁹ Ibidem.

Conforme o esclarecido na então proposta de Plano de Estudos, agora em funcionamento, estas seis disciplinas deveriam ser *“sequenciais, teóricas e práticas, com autonomia entre elas e em relação ao projecto dos anos correspondentes”*¹⁰. Em relação à prática pedagógica que era seguida até então, onde a abordagem destas matérias era referida directamente ao Projecto, a nova organização contraporá uma metodologia de ensino mais compartimentada, no intuito de criar espaços capazes de transmitir eficazmente um conhecimento mais detalhado e sistemático da Construção. A adequação desses conhecimentos ao saber do Projecto deveria agora depender da actuação dos professores de Projecto e não, como acontecia, da *‘valiosa’* prestação dos professores de Construção¹¹.

3 | Enunciação.

As proposições que estão na base do estudo partem de três níveis de abordagem disciplinar sintetizadas hierarquicamente nas questões a seguir definidas:

- 1^a. A primeira prende-se com a prática profissional do Projecto: **Qual o grau e tipo de aprofundamento das matérias ligadas à ‘ciência das construções’, necessário ao ‘modus operandi’ do arquitecto contemporâneo?**
- 2^a. A segunda transpõe a questão anterior para a problemática do ensino do Projecto: **Como abordar essas matérias, de forma a estimular qualitativamente a aprendizagem do Projecto enquanto processo criativo?**

¹⁰ Ibidem.

¹¹ Ibidem.

3ª. A última dúvida, mais genérica e difusa, remete para a actividade projectual da Arquitectura como faculdade mental rara numa sociedade comprometida pela fragmentariedade do saber: **Será que, apesar da forte especialização do saber científico, o arquitecto ‘vitruviano’ e humanista, pode ainda ser reivindicado?**

Assim podemos demarcar o objectivado no início, definindo como intenção principal do trabalho reflectir sobre o universo do conhecimento tecnológico de interesse disciplinar e esboçar estratégias, dentro do saber tradicional do arquitecto, capazes de constituir alternativas ou complementos aos métodos de ensino imbuídos em mecanismos provenientes dos programas de engenharia.

A temática levantada por estas questões estende-se até a um dos problemas centrais que sempre esteve presente na história da arquitectura – a relação entre Arte e Ciência. Binómio essencial tanto na determinação ‘ideológica’ da produção arquitectónica como na percepção histórica da natureza do próprio ensino.

Não caberá a este trabalho, pela sua natureza e operacionalidade, tratar exaustivamente todo o universo do problema. A nossa proposta é de o estudar numa das componentes mais significativa e emblemática: a relacionada com a resistência dos materiais e com a física das estruturas, ou seja, com a *razão e ser dos elementos* construtivos resistentes.

4 | Revisão bibliográfica.

As controvérsias, que a questão da inserção da tecnologia na arquitectura levanta, implicam um debate alargado, importante na revitalização da actual cultura construtiva e arquitectónica.

Numa primeira fase, até à década de sessenta, essa reflexão disciplinar sobre a influência da tecnologia no universo da arquitectura esteve presente nos trabalhos seminais de Sigfried Giedion, Lewis Mumford e Reyner Banham. O objecto de estudo está implícito nos

títulos de alguns livros produzidos: “*Mecanization Takes Command*”, “*Art and Technics*”, “*Technics and Civilization*”, “*The Myth of the Machine*”, “*Theory and Design in the First Machine Age*”, “*The Architecture of the Well-Tempered Environment*” - este último publicado em 1973. Os termos empregues denotam algumas das preocupações levantadas pelo Movimento Moderno, onde a questão da tecnologia, da máquina e da produção desempenharam um papel ideológico estruturador.

Depois de um interregno de vinte anos, a produção teórica à volta desses assuntos recomeçou, gradualmente, a ocupar um espaço importante dentro da teoria e da crítica da arquitectura. Não se pode alhear deste facto algumas tendências da arquitectura do período após o *Pós-Moderno* que, como anteriormente referido, retomaram o factor técnico como parâmetro decisivo na caracterização formal.

A literatura actual é já vasta mas podem ser eleitos alguns autores cujas obras, por representarem reflexões sistemáticas para esta área de estudo, podem constituir um quadro de referência estratégico:

1. Antoine Picon merece ser citado no âmbito da história do pensamento tecnológico, em particular pelo estudo da constituição dos modelos de ensino técnico em Arquitectura e Engenharia, durante o período da Revolução Científica e Industrial – o exemplo mais notório é o livro “*Architectes et Ingénieurs au Siècle des Lumières*” (1988);
2. Sobre a relação entre a Arquitectura e Ciência, a abordagem feita por Peter Galison e por Alberto Pérez-Gomez, tem dado relevo aos vínculos entre o conhecimento científico e o arquitectónico, através do elo dos processos tecnológicos. Do primeiro, salienta-se “*The Architecture of Science*” (1999) e, do segundo, “*Architecture and the Crisis of Modern Science*” (1989).
3. Kenneth Frampton, numa linha de investigação iniciada no que ele próprio denominou ser o ‘*regionalismo critico*’, aponta para a constituição da linguagem arquitectónica, gerada sobre uma poética da construção, estabelecendo também, a partir daí, uma ética disciplinar. No trabalho “*Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in the Nineteenth and Twentieth Century*” (1995),

Frampton recupera a noção de *tectónica*, transformando-a num conceito integrador – como refere Harry Mallgrave na introdução do livro, a tese tectónica proposta paira sobre o plano do materialismo vulgar, devolvendo-lhe o seu carácter complementar de representação.

4. Deve ser também referenciado Ignacio Paricio, cujos trabalhos teóricos são indissociáveis da sua actividade profissional (intimamente ligada ao sector da construção) e académica, abrangendo os simples manuais técnicos didácticos como os ensaios críticos sobre a produção arquitectónica contemporânea. “*Construcciones para iniciar un siglo*” (2000) e “*La construcción de la arquitectura*”(1983) são duas obras onde se nota que o autor pertence à ‘*estirpe de arquitectos de técnica e ofício*’.
5. Para a renovação da leitura da história da construção arquitectónica devem ser mencionados os seguintes nomes e obras: Edward Ford, “*The details of modern architecture*” (1990); Cecil Elliot, “*Technics and Architecture*” (1992); Robert Mark , “*Architectural technology up to the Scientific Revolution*” (1993); António Castro Villalba, “*Historia de la construcción arquitectónica*” (1995).

Pode-se completar este grupo com outros nomes que, apesar de terem interesses mais abrangentes, contribuíram pontualmente para o enriquecimento teórico desta área: Vittorio Gregotti, “*Architettura, tecnica, finalità*” (2002); Iñaki Abalos e Juan Herreros, “*Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea*” (1992); Dalibor Vasely, “*Architecture in the age of divided representation: the question of creativity in the shadow of production*” (2004).

Da produção teórica que aborda, de forma particular, o tema da razão e ser dos elementos estruturais no contexto do ‘*saber generalista*’ do projecto, enumera-se os seguintes autores:

1. Em primeiro lugar, salienta-se a obra de Eduardo Torroja, “*Razon y Ser de los Tipos Estructurales*” (1957). A referência a esta obra justifica-se, essencialmente, pela abordagem ao problema da natureza do projecto em arquitectura e em engenharia de estruturas

mas, sobretudo, pelo carácter didáctico e pedagógico da obra, com um constante apelo a uma interiorização intuitiva dos fenómenos físicos.

2. Igualmente importante é a obra teórica desenvolvida por Pier Luigi Nervi, da qual se refere *“Scienza o arte de costruire ?”*, publicado em 1945. Este livro, como escreve Aldo Rossi no prefácio da edição de 1997, *“è una grande lezione politecnica, e uso la definizione di «politecnica» perché credo che solo le diverse tecniche possano creare la figura del costruttore”*.
3. Pelas mesmas razões evocadas para Eduardo Torroja, mas agora com um grau de abrangência superior, cita-se as duas obras de J.E. Gordon cujos títulos indicam a forma discursiva como estão construídos os conteúdos: *“Structures or Why things don’t fall down”* (1978) e *“The new science of strong materials or Why don’t fall through the floor”* (1968)
Daniel L. Schodek, director do Laboratório de Tecnologia Construtiva da Universidade de Harvard, no livro *“Structure in sculpture”* (1993) toma o tema da estabilidade das esculturas como meio operativo para sintetizar o conhecimento dos esforços e perceber a sua relação com a forma desejada.
4. Para finalizar, um conjunto de autores cujas obras trataram de forma particular, a partir de dispositivos de análise comparada, a complexidade estática das estruturas, numa aproximação ao interesse e aos mecanismos de conhecimento característicos do saber tradicional do arquitecto. Por razões diversas elegemos as obras de: Malcom Millais, *“Structures”* (1981); Edward Allen e Waclaw Zalewski, *“Statics”* (1998); Mario Salvadori e Robert Heller, *“Structure in Architecture”* (1963); Mario Cedolini, *“Strutture-Morfologia strutturale in architettura”*(1991).

INTRODUÇÃO

“[...] E não é por acaso, naturalmente, que o problema da gravidade em arquitectura me preocupa e preenche o meu espírito. Assim como só nos lembramos da respiração quando ela nos falta, como disse algures o nosso mestre Pessoa, também começamos a lembrar-nos da gravidade quando ela vai fenecendo.”

Fernando Távora
In JA – “Homenagem a Siza Vieira”, 1992

Chamou-se à atenção para o nível de aprofundamento dos conhecimentos tecnológicos hoje necessários para a produção do artefacto arquitectónico. Sobre esta relação entre meios e finalidades, devem ser reconhecidas algumas circunstâncias que envolvem a arquitectura enquanto acção prática.

Em primeiro lugar, refira-se o crescente prestígio do elemento construtivo na actual produção arquitectónica e a relação directa, muitas vezes equívoca e perversa, estabelecida entre alta tecnologia e qualidade arquitectónica.

A segunda questão a enumerar reporta-se ao incremento da complexidade técnica do objecto desejado, que introduz no processo de síntese projectual e no controlo do projecto de execução capacidades mais alargadas (ou insuficiências) só colmatadas com a presença mais assídua de técnicos especializados.

Finalmente, aproximando-nos mais do objectivo central do trabalho, a evidência que o ensino da arquitectura não pode, simplesmente, colocar-se ao lado dos conhecimentos tecnológico-constructivos produzidos nas engenharias mas, também, não os pode literalmente integrar sem filtrar os modelos didáctico-pedagógicos donde provêm.

Pode-se sintetizar e hierarquizar estas constatações em três conteúdos correlativos que constituirão as unidades de análise do trabalho:

1. O artefacto arquitectónico enquanto **objecto** técnico;
2. O **projecto** como mediador entre o *campo do pensável e do possível*;
3. A **aprendizagem** em arquitectura como rede de procedimentos onde se cruzam *métodos empíricos, estatísticos e crítico-analíticos*¹², ambos integráveis no ensino do projecto.

Como se adiantou, muitos dos actuais dispositivos, que permitem constituir a arquitectura como corpo físico, configuram processos de conhecimento e de actuação projectual cada vez mais deslocados do saber-prático do arquitecto. Isto é claro quando pensamos na preponderância que a actividade científica tem hoje na compreensão do

¹² VIEIRA, Joaquim – “O Desenho e o Projecto são o mesmo?”, p.81.

funcionamento físico e mecânico dos materiais e dos elementos construtivos. A experiência dos fenómenos relativos ao comportamento da matéria confunde-se com a própria prática da construção mas, se excluirmos o aspecto empírico e intuitivo dessa relação, verifica-se um gradual afastamento provocado por uma *desmaterialização* e *complexização* dessa matéria, ocorridas no último século.

Um exemplo característico da progressiva separação entre razão científica e saber arquitectónico é dado pelo desenho dos sistemas estruturais. A possibilidade das formas estruturais, por si só, poderem representar um poder auto-suficiente na construção de uma linguagem arquitectónica demonstra, *in extremis*, uma incapacidade que o arquitecto contemporâneo experimenta mesmo nas situações aparentemente mais simples. Isto gera uma *‘impotência profissional’* que só pode ser colmatada com a *‘intromissão’* de um saber que entretanto se tornou altamente qualificado.

É de referir que estas matérias ligadas ao cálculo das estruturas se tornaram tão particulares que na própria organização do conhecimento em engenharia civil foi necessário introduzir uma especialização em engenharia estrutural. Também é importante ressaltar que a *‘intromissão’* citada é muitas vezes o lugar mais activo da criação arquitectónica. Veja-se os casos de algumas parejas de arquitectos e engenheiros de estruturas com uma produção notável: Renzo Piano/ Peter Rice; Louis Kahn/ August Komendant; Rem Koolhaas/ Cecil Balmond.

Assim, a análise da *razão e ser dos elementos*¹³ resistentes constitui um campo potencial onde se podem aferir alguns dos aspectos essenciais sobre o relacionamento entre a tecnologia e a prática do arquitecto.

Um fenómeno físico presente na construção geral de edificios é o relacionado com o efeito da *gravidade*. Embora o conceito de *gravidade* seja preferencialmente tomado pelo mundo da Física, na

¹³ Recorreu-se a um paralelismo com o termo, *“Razon y ser de los tipos estructurales”*, título do livro de Eduardo Torroja escrito em 1957.

realidade, as suas consequências na forma arquitectónica¹⁴ são tão evidentes que ele acaba por estar directa ou indirectamente presente no pensamento arquitectónico. A análise simultânea do significado do conceito de *gravidade* nas áreas da arquitectura e da ciência (aplicada) remete para a hipótese do trabalho: a definição de um espaço de fusão entre o saber generalista do arquitecto e o conhecimento científico. Essa convergência das duas formas de apreender e construir a realidade poderia constituir um momento em que a razão mecânica e física dos materiais e dos elementos seria integrada no saber do arquitecto sem recurso aos instrumentos quantitativos usados pelas ciências aplicadas. Esse suposto dispositivo de adaptação entre as duas formas do conhecimento poderia ter várias inflexões, mas seria sempre enquadrada por uma constante – *a linguagem da gravidade*.

A ideia de *gravidade* remete para uma abrangência multidisciplinar e riqueza de significado que parece ter um sentido unitário.

O leque de definições que abriga vai desde a ética do ‘*pedreiro de obra grave*’ à estética das ‘*linhas de força*’ das estruturas das construções. Os processos de percepção das suas manifestações são por isso ambivalentes e poderão ser reveladores das relações que interessará estabelecer entre um saber de índole científico, específico, e um saber assente numa prática ‘*para-artística*’, generalista, que visa a elaboração de um sistema expressivo para além das necessidades pragmáticas da utilidade e da construção.

O universo *técnico* da arquitectura é muito vasto sendo complexo encontrar um critério capaz de percorrer a sua diversidade e universalidade. A sistematização a que normalmente se recorre é sobretudo baseada na desmontagem funcional dos elementos construtivos ou dos materiais que os formam. O principal problema colocado por uma história da construção, assim elaborada, é o seu carácter fragmentário, sobretudo ao nível da visão do todo arquitectónico. Embora se deixe em aberto esta questão, a definição de uma *linguagem da gravidade* como critério de análise histórica pode constituir um meio operativo para a elaboração de uma história das

¹⁴ O conceito ‘*forma arquitectónica*’, utilizado recorrentemente no trabalho, não deve ser entendido no sentido de aparência visual. Parafraseando Josep Maria Montaner, considera-se a forma como uma estrutura essencial e interna, como uma construção do espaço e da matéria. Assim forma e conteúdo tendem a coincidir numa mesma estrutura.

técnicas construtivas mais unitária.

Neste quadro, o trabalho recorrerá às três unidades objectivas e correlativas acima referidas – sintetizadas nos termos “Objecto”, “Projecto” e “Ensino” – como matérias principais de análise da influência do conhecimento tecnológico no saber da arquitectura.

Contudo, previamente à explanação das três unidades temáticas, definir-se-á melhor o conceito de *linguagem da gravidade*. Essa enunciação, que tenderá a manter o significado dentro do território da arquitectura, terá para o trabalho dois objectivos: o primeiro, coincidente com a própria definição, complementando-a, passa por constituir a *linguagem da gravidade* como uma ferramenta de leitura (ou reinterpretação) histórica de alguns acontecimentos que marcaram a forma arquitectónica, cruzando o mundo da ciência com o das formas arquitectónicas construídas; nas notas finais, o conceito será tomado como instrumento de sistematização e integração das matérias analisadas ao longo dos três temas.

1ª. PARTE

PARA UMA DEFINIÇÃO DA LINGUAGEM DA GRAVIDADE [OU EM BUSCA DA LEVEZA E DA TRANSPARÊNCIA]

“[...] that is to say, of the way in which framework tends towards the aerial and the dematerialization of mass, whereas the mass form is telluric, embedding itself ever deeper into the earth. The one tends towards light and the other towards dark. These gravitational opposites, the immateriality of the frame and the materiality of the mass, may be said to symbolize the two cosmological opposites to which they aspire: the sky and the earth.

[...] In each instance there is a similar concatenation of span and support that amounts to a tectonic syntax in which gravitational force passes from purlim to truss, to pad stone, to corbel, to arch, to pier and abutment.”

Kenneth Frampton,
in “Labour, Work and Architecture”, 1990

1 | Definição da linguagem da gravidade.

O fenómeno da *gravidade*¹⁵ apresenta-se como uma espécie de paradigma da razão de ser da ordem natural e pressupõe um interesse partilhado, tanto pelo saber arquitectónico, como pelo conhecimento técnico e científico, em particular o constituído ao redor das ciências físicas da construção. Como se verá, também o intervalo histórico em que Galileu (1564-1642) e Newton (1642-1727) desenvolveram os principais princípios teóricos do comportamento gravítico da matéria coincide com o começo da bifurcação do saber construtivo, que estará na origem da autonomização disciplinar da engenharia e da arquitectura.

A *linguagem da gravidade* supõe que, nas respostas dadas aos problemas físicos (e metafísicos) resultantes do fenómeno natural inerente, são expressos sinais visuais, mais ou menos intensos, que denotam como através da história das formas construídas, o conhecimento desses mesmos fenómenos foi assimilado e expresso.

As palavras de Walter Benjamin dão a interpretação justa do sentido que se quer dar à *linguagem da gravidade*, incorporando-a na razão e ser dos objectos:

“[...] podem existir linguagens por detrás das convencionais; tratam-se de linguagens sem nome, não acústicas, de linguagens a partir do material. [...] Para o reconhecimento das formas de arte, é válida a tentativa de as considerar todas como linguagens e procurar a sua conexão com as linguagens da natureza”.¹⁶

¹⁵ Da Física: Propriedade que têm os corpos para caírem verticalmente devido à atracção exercida pela Terra. De acordo com a lei de gravitação universal, manifesta-se um campo de forças no qual um ponto material é sobreposto a uma força proporcional à sua massa. Esta força, chamada *força de gravidade* ou simplesmente *peso*, é a resultante, directa segundo o raio terrestre, da atracção terrestre e da força centrífuga, devida á rotação da Terra. A *força da gravidade* varia com os corpos, mas imprime a todos a mesma aceleração, dita *aceleração de gravidade*; essa é directa segundo a vertical e noutras direcções varia com a latitude e a altitude. In “*Diccionario Enciclopédico de Tecnologia*”.
Do geral: Qualidade do que é grave: sério, que procede e fala com circunspecção; severo, reflectido; probo; distinto; nobre; custoso, duro, penoso; ponderação, seriedade. In “*Grande Dicionário Universal da Língua Portuguesa*”.

¹⁶ BENJAMIN, Walter – “Sobre arte, técnica, linguagem e politica”, p.195.

Parafraseando o autor, considera-se que todas as manifestações da vida intelectual do homem podem ser concebidas como uma espécie de linguagem: “*pode falar-se de uma linguagem da técnica que não é igual à dos técnicos*”¹⁷. Assim, *linguagem* significa o “*princípio orientado para a comunicação dos conteúdos intelectuais nos referidos domínios*”¹⁸. Se aplicar-mos esta definição ao fenómeno da gravidade expresso através das formas da arquitectura, obtemos um subsistema de comunicação dentro da própria linguagem da arquitectura, que revela de uma determinada maneira a essência espiritual da *gravidade*. Não entrando pelos domínios da semiótica, dir-se-á simplesmente que a *linguagem da gravidade*, aplicada à morfologia da arquitectura, é o *medium* em que se comunica a sua essência espiritual, ou seja, o sentido que os construtores, os cientistas, ou os arquitectos, deram à natureza da gravidade.

A *linguagem da gravidade* contém um vocabulário simultâneo ao da arquitectura: peso, leveza, matéria, forma, inércia, atrito, equilíbrio, verticalidade, horizontalidade, homogeneidade, anisotropia, resistência. No entanto, em arquitectura e engenharia, estas qualidades dos corpos adquirem conotações diferentes e são mesmo traduzidas, nas duas disciplinas, através de processos distintos. Este tratamento diferenciado do mesmo fenómeno físico tem induzido a relações nem sempre bem equilibradas entre as duas áreas da produção de edifício. Portanto, quando se tenta perceber a *linguagem da gravidade* procura-se, na verdade, harmonizar essas diversas percepções da realidade do objecto arquitectónico. A *gravidade* reclama a unidade da forma e do pensamento.

Por fim, indica-se o outro lado implícito na noção de *linguagem da gravidade*: a prática enquanto comportamento ético do ofício. Para isso auxiliamo-nos das palavras do arquitecto Fernando Távora:

“ [...] Mas gravidade, o conhecido termo da física, é uma força que nos referencia, que nos dá peso, que garante a nossa verticalidade (Aristóteles disse que o homem é o único animal cujo eixo encontra o centro da Terra).

¹⁷ Ibidem, p.177.

¹⁸ Ibidem.

Isto é a gravidade do comportamento moral ou intelectual tem a ver com gravidade física porquanto em ambos e complementares significados se trata de referência, de contenção, de peso, de acção inteligente e ponderada. E não esqueçamos quanto a gravidade física ou plástica contribui para a estabilidade temporal ou simbólica da arquitectura.

[...] Caminhamos, diria como astronautas, sem gravidade, sem peso, sem referência, indiferentes ao alto ou ao baixo, à horizontal ou à vertical, sem norte ou sem sul.

Iludidos por uma pseudo e fácil riqueza vão-se-nos os pensamentos profundos, as nossas obrigações sociais, os valores patrimoniais criados ou a criar, ainda que de tudo falemos mas com ausente convicção ou prática.”¹⁹

¹⁹ TÁVORA, Fernando – “Homenagem a Siza Vieira”, *Jornal dos Arquitectos* nº112/113, p.34.

2 | Breve percurso pela história da Linguagem da Gravidade.

Em arquitectura a técnica identifica-se com a construção, ou seja, com um *saber-fazer*, com um *modo de fazer* e com o seu próprio desfecho: o edifício enquanto realidade física. Naturalmente, estas três manifestações da cultura arquitectónica – conhecimento, acção prática e realidade construída - convergiram na história da construção de forma muito diversa.

A ideia que por enquanto interessa evidenciar não é tanto a relacionada com as operações práticas mas, antes, a da constituição do saber teórico necessário a tais acções.

Uma das componentes fundamentais desse saber reporta-se à materialização da arquitectura pela presença dos fenómenos decorrentes da actuação das forças gravíticas. As respostas técnicas à agressividade do clima, aos critérios de uso do espaço e mesmo às necessidades de afirmação cultural sempre foram garantidas à custa de um conhecimento sobre o comportamento físico da matéria onde estava presente, de forma natural, o fenómeno da gravidade. Essa terá sido uma presença que condicionou, em determinados momentos da história, o aparecimento de soluções arquitectónicas particulares.

Entre os patamares históricos, a seguir seleccionados, estabelecem-se saltos qualitativos, fundamentais para criar uma cadeia de acontecimentos importantes para a compreensão da influência do conhecimento técnico na forma arquitectónica e, nesse âmbito, perceber o legado do aparato técnico-científico com que hoje se depara o exercício da arquitectura.

O *homo faber*²⁰ pressupõe sobretudo uma actividade eminentemente prática que modifica e antecipa as condicionantes naturais originais, transformando-as numa nova ordem: a do artificial. Este paradigma do ser técnico define o homem como construtor de artefactos e das ferramentas apropriadas para essa sua elaboração, para colocar a seu favor o mundo natural. Lewis Mumford sublinha esta condição instrumental e transformadora, quando se refere à técnica como uma actividade dominada por uma vigorosa organização de trabalho, que o homem utiliza para subjugar as forças da natureza aos seus vários interesses.

A maior contribuição da técnica para a vida do homem não foi tanto o desenvolvimento dos aspectos ligados à sua existência física mas, antes, referindo ainda Mumford, o relacionado com a sua vida mental e equilíbrio geral:

*“ [...] permitiu-lhe ter um certo tipo de respeito pela natureza dos materiais e processos com os quais trabalhava, a noção do penoso facto de que não era a quantidade de loas ou adulações, que não era a repetição de encantos ou runas nem a realização de complacente magia que iriam transformar um bloco de rocha numa ponta de flecha ou numa faca, ou fazer ferver água sem a intervenção do fogo. Os sonhos e desejos do homem, as suas emoções e sentimentos são, como continuarei a insistir, uma parte essencial da sua vida, mas são, na realidade, apenas uma parte; e foi importante para o seu posterior desenvolvimento e maturidade o homem ter reconhecido que há certas condições da natureza que só podem ser dominadas se ele as abordar com humildade ou mesmo uma certa timidez ”.*²¹

O conhecimento do artífice era, essencialmente, um instrumento de sobrevivência na luta que travava com o meio agressor. Numa malha de relações, como a acima referida, o espaço onde o artefacto técnico é concebido e desenvolvido cruzava sucessivamente o mundo natural físico com o mundo do simbólico; nesse contexto, a relação que o artífice mantinha com a organização da matéria nunca poderia ser abstracta, mas também não era exclusivamente sensorial. Pode-se

²⁰ A classificação do homem enquanto fazedor de utensílios e inteiramente dependente das suas mãos pode ser contraposto ao homem mecanizado gerado a partir da industrialização do séc.XIX: “Os ideais do *homo faber* fabricante do mundo, que são a permanência, a estabilidade e a durabilidade, foram sacrificados em benefício da abundância, que é o ideal do *animal laborans*”. ARENDT, Hannah – “A condição humana”, p.151.

²¹ MUMFORD, Lewis – “Arte e Técnica”, p. 42.

afirmar que a necessidade levava-o a criar uma racionalidade física que decorria de uma observação de alguns fenómenos naturais cíclicos.

A constituição dessa primeira fase do conhecimento técnico resultava pois da familiaridade física e perceptiva que o artífice ia mantendo com os materiais utilizados, como de uma validação, por selecção genética natural, das soluções mais propícias.

Esse saber profundamente empírico, enraizado nas condicionantes naturais e sociais particulares, pressupunha uma visão linear e contínua do tempo que favorecia a criação de linhagens de produtos somente alterada significativamente se algum imprevisto feliz acontecesse.

Outro aspecto desse modo de pensar prendia-se com a percepção do tempo. O ritual do trabalho do artífice era organizado segundo o ritmo das estações, dos materiais disponíveis no local; pressupunha uma autonomia de alterar quer o ritmo e o esforço do seu corpo, quer o corpo e o processo de produção dos objectos que criava. Isso representava uma liberdade fundamental para verificar o erro e corrigi-lo.

Esta forma de conceber e produzir artefactos traduzia uma cumplicidade orgânica com a matéria, que o impossibilitava de autonomizar um raciocínio abstracto. Ao contrário do que aconteceu com o pensamento mágico-religioso, que desde o início usou a linguagem e capacidade de imaginar para criar um mundo de representações, o pensamento técnico permaneceu vinculado à ditadura da ordem natural.

Apesar do engenho e da agilidade para fazer correctamente, o artífice não conseguia explicar porque razão fazia desse modo particular, ou seja, não conseguia despoletar os processos cognitivos capazes de isolar, caracterizar e relacionar certos comportamentos do mundo natural de forma a criar ferramentas operativas independentes dos que a natureza lhe dava.

As primeiras construções, ainda hoje presentes em algumas formas arquitectónicas vernaculares, eram uma consequência directa dessas relações com o mundo físico que o rodeava. Para melhor se entender este patamar inicial da acção técnica, toma-se simbolicamente a *cabana de Laugier*.

Se, por hipótese, a origem da Architectura estivesse de acordo com o previsto por Marc-Antoine Laugier, no séc. XVIII, então teríamos

uma cabana quadrangular, erigida com troncos e ramos arrancados à floresta. A cabana primitiva rústica, segundo as palavras de Laugier, seria o arquétipo das formas vindouras:

“[...] é aproximando-se, na execução, à simplicidade deste primeiro modelo que se evitam os grandes defeitos, e que se alcançam as verdadeiras perfeições.

*[referindo-se aos troncos] Elegeu os mais fortes e levantou-os perpendicularmente, formando um quadrado. Por cima colocou outros quatro transversais; e sobre estes, outros inclinados em duas águas, formando um vértice no centro.”*²²

Erguer esta estrutura, como acto fundador da Arquitectura, significou na prática, e antes de tudo, uma experiência do peso e da flexão dos troncos, quando os arrancou à floresta e, depois, os organizou em forma. O contacto iniciático com os elementos construtivos, sob os efeitos da lei da atracção gravítica dos corpos, teve como resultado fundamental uma familiaridade íntima com o fenómeno.

Conforme a presença das condições particulares naturais do lugar, essa afinidade determinará soluções técnico-estruturais distintas para resolver a relação básica entre a função abrigo e a ‘função resistente’. Portanto, as diferenças morfológicas, que se encontram nas primeiras soluções rudimentares do abrigo, resultam de uma empatia e de uma analogia com as soluções naturais que garantiam diante dos olhos uma resistência estrutural duradoira (aliás, será uma estratégia que permanecerá eternamente no acto projectual).

É curioso notar que na figura que ilustra o frontispício da segunda edição (1755) [FIGURA 1] do ensaio de Laugier, o gravador representa a cabana utilizando quatro árvores, no seu estado original, como suportes da construção. Parece existir nessas formas primárias uma tradução literal do natural. Alguns exemplos dão conta disso mesmo: as cabanas fabricadas como um ninho tecido com ramos ou imitando o ‘tecto’ formado pelas copas de árvores juntas, a similitude entre formas arqueadas e abóbadas naturais.

²² LAUGIER, Marc-Antoine – “Essai sur l’Architecture”, in “Textos de Arquitectura de la Modernidad”, p.22.
 Marc-Antoine Laugier insurgindo-se contra os caprichos barrocos, escreve em 1753 o livro “Essai sur l’Architecture”; onde elege o mito da cabana primitiva como o modelo a seguir em épocas de confusão, pois ele representaria a diferença entre o que é essencial e acessório em arquitectura.



FIGURA 1: Gravura de Christian Elsen para o frontispício da segunda edição da obra do abade Marc-Antoine Laugier, “Essai sur l’Architecture”, 1755.

Embora não se produzisse alterações significativas na natureza do seu conhecimento, os artífices continuavam o constante aperfeiçoamento e aumento das capacidades técnicas.

A interpelação sobre a razão das suas próprias acções, quando existia, era através de jogos de linguagem simbólica que permitiam dispor sempre de respostas de ordem sobrenatural, pouco eficazes no que diz respeito à autonomização de um saber prático organizado fora do empirismo dominante. Nessa organização mental, dominada pelo animismo e pelo mágico, as interrogações que procurassem resposta fora desse entendimento tinham obrigatoriamente de ter, por oposição, uma aplicação objectiva e imediata sobre a realidade.

Assim, o pensamento que utilizava a linguagem dos símbolos e das alegorias tinha um poder demolidor contra qualquer tentativa de racionalidade sobre o comportamento físico da matéria. Talvez tivesse sido essa a razão pela qual o pensamento empírico e intuitivo dominou a construção dos artefactos até tão tarde, mantendo, com maior ou menor intensidade, a *linguagem da gravidade* reduzida à sua expressão natural.

A partir da civilização helénica, a percepção da realidade será sujeita, gradualmente, a uma verificação racional assente em processos de lógica dedutiva. A formação desses conhecimentos teóricos servirá para informar o saber prático sobre as razões da sua eficiência.

Apesar dessa inteligibilidade se produzir em forma de reflexão filosófica dialéctica, pouco ou nada experimental, a constituição conceptual de um conjunto de padrões justificativos do comportamento físico da matéria é algo que aponta para o despertar do pensamento tecnológico.

A maior contribuição do pensamento helénico foi permitir o aparecimento de um '*saber porquê*' paralelo ao '*saber como*', existente. Ficaria por realizar a convergência e a reciprocidade dessas duas formas de apreensão da realidade. Leonardo Benevolo refere a diferença substancial entre a evolução técnica e a científico-filosófica:

“No âmbito científico observou-se, por exemplo, que os helénicos fazem enormes progressos teóricos – sobretudo matemáticos – mas o amor excessivo pela perfeição formal

*afasta-os das aplicações práticas, e impede que a técnica progrida de acordo com o conhecimento puro. Pela sua tendência analítica, sistemática e retrospectiva a Idade Helénica parece-se com o séc. XIX, mas falta quase sempre – e aqui termina a analogia – o espírito despreocupado, a curiosidade pelo novo”.*²³

Essa constatação encontra algumas similitudes com a origem etimológica de *técnica* proposta pelo estudioso da Grécia Antiga, Martin Heidegger. Explica ele que o termo original *technē* incluía um apreender do mundo que ia para além da experiência prática:

*“Pois, o decisivo na technē, não está em absoluto no fazer e no manobrar, nem está na utilização de meios, mas antes no fazer sair do oculto (algo que não se produz em si mesmo). Enquanto tal, a technē não é um modo de fabricação mas uma forma de revelação”.*²⁴

A alusão a um estado da técnica, em comunhão completa com a ordem do natural, projecta um sentido de unicidade entre uma explicitação da verdade da matéria e o próprio acto da produção. Esta ideia de *técnica* consagrava, simultaneamente, o científico, o técnico e o artístico, colocando-os no mesmo plano da criação e da realização²⁵, capacitando uma certa unidade nas formas arquitectónicas e urbanas. No entanto, como antes conclui Benevolo, os avanços das técnicas construtivas eram insignificantes, quando comparados com os temas tratados pelos filósofos-cientistas.

Pode aferir-se esse novo estatuto do pensamento do Período Clássico Grego, chamemos-lhe *proto-científico*, confrontando-o com o entendimento da *gravidade*, enquanto manifestação física.

Um conceito que perdurou até chegar aos textos medievais, ‘*gravitas secundum situm*’²⁶, foi retirado dos axiomas desenvolvidos por

²³ BENÉVOLO, Leonardo – “Introdução à Architectura”, p.38

²⁴ HEIDEGGER, Martin – “A pergunta por la técnica”, in “Conferências y artículos”, p.17.

²⁵ GREGOTTI, Vittorio – “Il territorio dell’architettura”, p.160.

²⁶ A expressão citada pertence ao físico e matemático italiano do séc.XII, Giordano Nemorário, que na sua obra “*De ponderibus*”, ao estudar os problemas relativos ao deslocamento das massas e ao movimento dos corpos pesados sobre planos inclinados, faz uso sistemático do conceito de variação da força da gravidade de um corpo segundo a sua posição. No entanto o conceito estava já presente em Aristóteles e depois em Arquimedes. “*Experimental science and mechanisms in the middle age*”. In Dictionary of the History of Ideas”, vol.2. p.197.

Aristóteles (384 - 322 a.C.) e por Arquimedes (287 - 212 a.C.). Este dado demonstra como a noção de *centro de gravidade* e, conseqüentemente, de equilíbrio absoluto ou relativo dos corpos, da sua dependência com o tipo de carga no sistema, eram assuntos que colocavam a filosofia natural grega em estreita convivência com a complexidade técnico-estrutural da arquitetura.

Até à Revolução Científica, a história do conhecimento ocidental sobre as causas mecânicas da matéria terá em Aristóteles o pensador mais influente²⁷. No seu segundo livro do tratado de Física, escrito no ano 350 a.C., faz derivar da metafísica uma formulação genérica da razão de ser dos elementos.

A ideia aristotélica de um cosmos organizado em sucessivas camadas esféricas onde a Terra ocuparia o lugar central, seguido da Água, do Fogo e do Ar, respectivamente, supunha uma hierarquia da gravidade da matéria de tal forma que as substâncias associadas ao elemento Terra eram as mais pesadas e as relacionadas com o Ar, as mais leves. Por isso, a água tenderia para terra e o fogo tenderia a dissipar-se no ar. Seriam essas as causas porque tendem umas substâncias a cair e outras a volutearem ou, os materiais mais pesados a caírem mais rapidamente que os mais leves. Esta dedução das causas é bem clara quando ele a aplica à construção:

*“As regards what is 'of necessity', we must ask whether the necessity is 'hypothetical', or 'simple' as well. The current view places what is of necessity in the process of production, just as if one were to suppose that the wall of a house necessarily comes to be because what is heavy is naturally carried downwards and what is light to the top, wherefore the stones and foundations take the lowest place, with earth above because it is lighter, and wood at the top of all as being the lightest. Whereas, though the wall does not come to be without these, it is not due to these, except as its material cause: it comes to be for the sake of sheltering and guarding certain things.[...] But in things which come to be for an end, the reverse is true”.*²⁸

²⁷ ‘Os conceitos contemporâneos de matéria e forma, cruciais para o entendimento da arquitetura, são criações produzidas por Aristóteles’. Antônio Pedro Mesquita, responsável pela tradução da obra completa de Aristóteles para língua portuguesa, em entrevista televisiva.

²⁸ ARISTÓTELES – *“Physics”*: Livro II, Parte 9. Extraído da tradução de Hardie, R.P., Gaye, R.K. e consultado em 5 de Julho de 2005 no Massachusetts Institute of Technology: <http://classics.mit.edu>.

Na relação entre forma e matéria, a *causa formal* aristotélica é a responsável pela organização da matéria, impondo a essência das coisas. As qualidades da forma de cada objecto correspondem ao carácter da sua essência, mas essas qualidades são independentes da matéria com que é resolvido esse objecto. A noção *matéria* resulta pois subalternizada em relação às condições da forma, ajustando-se às quatro essências: terra, água, fogo e ar.

Nos templos gregos, tal como havia acontecido com a arquitectura egípcia, a questão da ‘petrificação’ dalguns elementos vegetais e das soluções típicas do trabalho de carpintaria e, também, a analogia da coluna com o tronco de uma árvore e com o corpo humano parecem encontrar na ideia de cesura entre forma e matéria um apoio transcendental.

A tendência de determinada essência material, se mover até reencontrar o seu lugar primordial, tem o seu paralelismo na estratificação das construções desse período.

Tradicionalmente, as fundações, as paredes e as coberturas estabeleciam uma hierarquia técnica verticalmente ordenada, que coincidia com uma certa disposição dos materiais empregues – sabe-se que os edifícios mais modestos da Grécia Antiga eram normalmente constituídos por uma plataforma de pedra, na qual eram erguidos adobes, ou tabiques diversos, onde apoiava uma estrutura de madeira que receberia o revestimento de cobertura²⁹.

A arrumação dos elementos arquitectónicos nas ordens clássicas gregas, principalmente no *dórico*, parece prosseguir essas premissas: primeiro, a constituição de uma plataforma de fundação (o *estereóbato*) que faz o contacto do templo com o solo; depois, um sistema misto de colunatas e paredes assentes nas camadas superiores da plataforma (a *estilóbata*); por fim, uma rede de vigas de madeira ou pedra que formam a estrutura do tecto e da cobertura.

O caminho das cargas até ao chão dá-se numa sucessão de dispositivos formais dos quais se salienta o desenho do perfil da coluna e o detalhe da sua junção com a *arquitrave*: o capitel. O desenho do capitel denota uma sabedoria particular em lidar com a gravidade pois não é mais do que um sistema de dispositivos hierarquizados que

²⁹ MARK, Robert – “Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica”, p.95.

permitem a transmissão da carga acumulada no entablamento à coluna. Como distribuidores da compressão instalada, tanto o desenho do *ábaco* como o do *equino* expressam uma solução estrutural adequada ao mesmo tempo que se constituem como elementos formais de remate da coluna.

Nas colunas do Partenon (447 - 432 a.C.), por exemplo, a resolução da compressão simples existente nos *fustes*, traduz-se na assunção duma forma tronco-cónica. No entanto, a linguagem da gravidade ultrapassa a razão física da matéria que nos levaria a supor uma coluna com secções sucessivamente crescentes em proporção até encontrar a *estilóbata*. O construtor associou a vontade da força gravítica em se expressar à intencionalidade de corrigir a impressão de encurvamento através da *entasis*: dilatação central de 1,65cm. Todas as colunas estão ligeiramente inclinadas para o eixo da construção de modo que convergem virtualmente num ponto situado acima do solo: “*Todo o edifício tende subtilmente para a forma piramidal – e a leveza inspira a ideia de força*”³⁰. A expressão final é um complexo desenho geométrico de colunas, que ultrapassa a simples resposta a uma solicitação de carga.

O templo de Erechtheion, também em Atenas, concluído em 406 a.C., apresenta num dos seus pórticos laterais, o das Cariátides, uma solução de sustentação do entablamento de natureza eminentemente figurativa [FIGURA 2]. A *linguagem da gravidade* traduz-se num conjunto de sinais icónicos que iludem a razão de ser do elemento estrutural. Isto denuncia já uma avançada destreza técnica na compreensão dos fenómenos que permitiu a manipulação da matéria até ao limite da sua estabilidade; esse apuramento da forma deve-se ao ajustamento do legado da cultura construtiva, e uma predisposição em aceitar a analogia³¹ como um fundamento para a inovação.

³⁰ JORDAN, R.Furneaux – “História da arquitectura no ocidente”, p.40.

³¹ Michel Foucault, quando indica a ‘semelhança’ como instrumento de conhecimento até finais do séc. XVI, refere a ‘analogia’ como o velho conceito familiar à ciência grega e, depois, ao pensamento medieval. FOUCAULT, Michel – “*As palavras e as Coisas*”; p. 77.

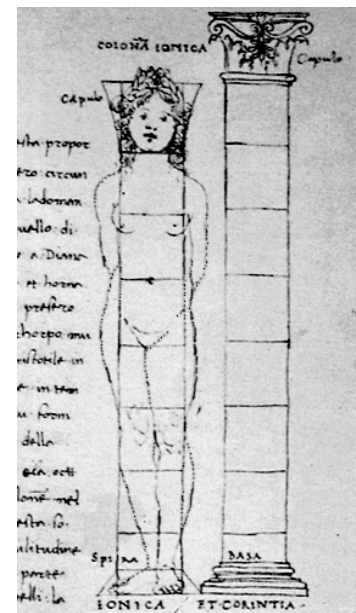
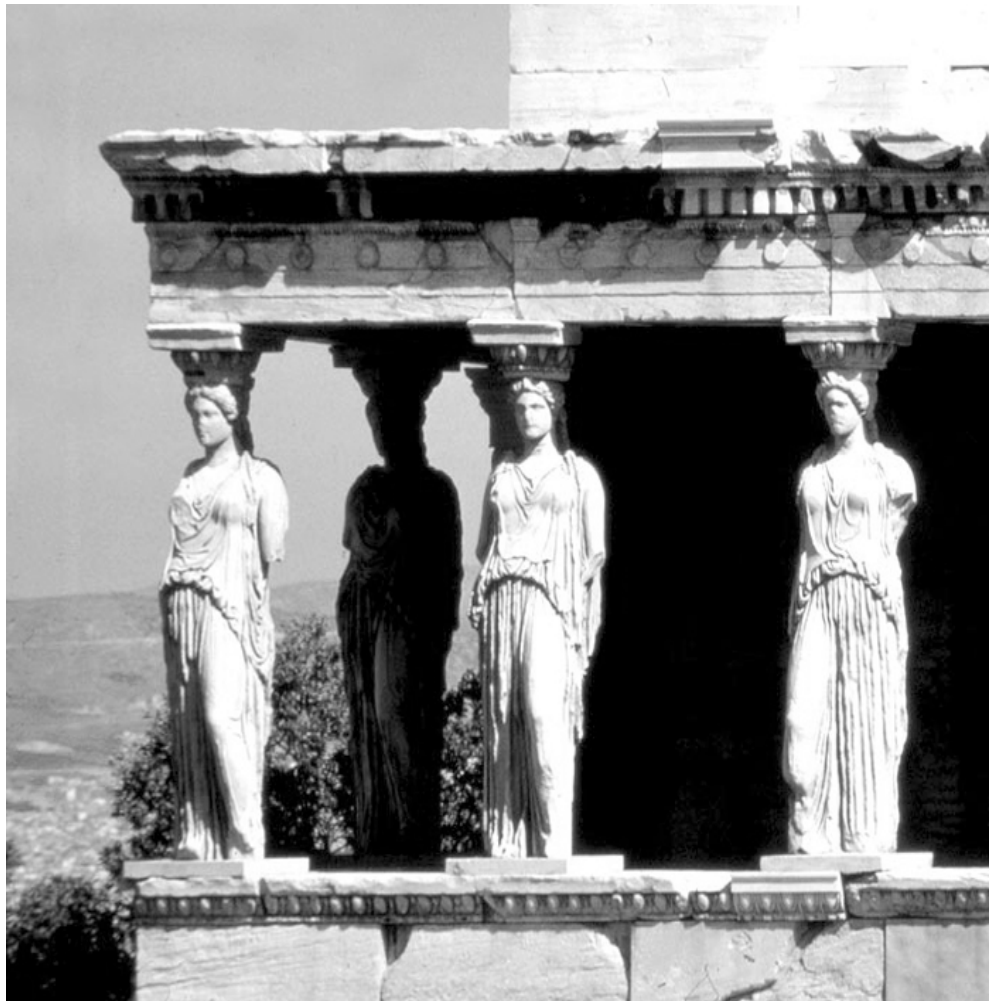


FIGURA 2.1.: Pórtico das Cariátides no Templo de Erectéion. Atenas.

FIGURA 2.2.: Transporte de cobertura na Papua Nova Guiné.

FIGURA 2.3.: A coluna como metáfora do corpo humano, Francesco di Giorgio Martini, 1480.

Contudo, a existência de uma certa racionalização e sistematização alargada, que misturou os saberes acumulados empiricamente com os conhecimentos veiculados pelo *quadrivium* (Astronomia, Geometria, Aritmética e Música) deu origem a um conjunto de normas e princípios geométricos de proporção, os quais representariam os fundamentos teóricos da arte de bem construir ainda detectáveis na viragem para o séc. XX.

Cerca do ano 20 a.C., o romano Marco Vitruvius Polión (nascido em 70 a.C.), escreve o tratado “*De Architectura libri decem*”, recolhendo para o campo da Architectura toda a tradição dispersa do conhecimento helénico e árabe³². Esse livro, que inaugura a literatura de manuais técnicos e teóricos sobre o exercício da profissão, influenciará o aparecimento de uma racionalidade disciplinar do ponto de vista quer teórico, como também prático.

No excerto, a seguir transcrito, a architectura é classificada, pela primeira vez, como ciência:

“A architectura é uma ciência que se deve acompanhar de muitos outros conhecimentos e estudos [...]. Esta ciência adquire-se pela prática e pela teoria. [...] A teoria, ao contrário [da prática], é a que pode explicar e demonstrar, de acordo com as leis da proporção e da racionalização, a perfeição das obras executadas”.³³

Apesar da forte influência que este escrito terá na architectura posterior, principalmente no Renascimento e no Classicismo, isso ainda não significará a inclusão de processos racionais de explicação e de representação dos fenómenos físicos no saber técnico empírico vigente. A sua importância foi a de estabilizar um conjunto de princípios de composição, de relações de proporção e de modulação que serviriam para formar a tal ciência ‘teórica’ que caracterizou todo o pensamento clássico arquitectónico. Na realidade, um dos problemas, que a leitura do texto levanta, é possibilitar a desmontagem da estrutura formal dos edifícios nas três componentes propostas: *venustas/firmitas/utilitas*.

A tríade vitruviana, considerada como uma divisão possível do

³² Na introdução ao livro sétimo, Vitruvius refere a influência dos escritos anteriores e nomeia directamente muitos dos pensadores gregos que os escreveram.

³³ VITRUVIO POLIÓN, Marco – “*Los Diez Libros de Architectura*”, p.5.

processo arquitectónico, implica, pelo lado da *firmitas* (portanto da solidez construtiva), que a questão da forma (*venustas*) possa ser tratada independente da matéria – o que coincide, como se viu, com o pensamento aristotélico ao contrário da abordagem da forma, que devia ser organizada pelo arquitecto como um todo, recorrendo às regras da composição e proporção. A prática construtiva, em Vitruvius, é tratada como algo que pertence aos operários artífices e que podia ser dividida em tipos construtivos independentes (muros, paredes, fundações, etc.). Isto denota um alheamento da construção entendida como um sistema equilibrado e coordenado dos elementos e das técnicas com o objectivo de obter uma forma com um uso particular.

Apesar da evolução grandiosa das técnicas romanas, especialmente as relacionadas com o trabalho de aparelho de muros e com os elementos arqueados, não será o estabelecimento de um conhecimento tecnológico superior, no sentido científico do termo, que permitirá a monumentalidade arquitectónica exigida pelo programa social e político do Império Romano. Por isso, a actuação da gravidade encontra no espírito inventivo romano soluções técnicas pragmáticas e multifacetadas, capazes tanto de criar sistemas de irrigação nas condições topográficas mais adversas como o de elaborar os dispositivos mecânicos e os materiais capazes de cobrir uma área com a grandeza do Coliseu de Roma.

A manipulação da *linguagem da gravidade* provinha ainda de uma tradição de verdade geométrica e de proporção. Portanto, a distância entre a escolha da forma mais ajustada à matéria mínima ainda sofria, se fosse essa uma condição suficiente, da inexistência de um historial experimental favorável. Porquanto, decorridos mais de dez séculos sobre o texto de Vitruvius, verifica-se que o termo '*ciência*', aí utilizado, continuava a representar um conjunto de fórmulas geométricas e de proporção, que provinham, no caso da chamada '*scientia*' medieval, do registo da experiência milenar de grandes obras, de alguns compêndios de origem grega e árabe e do próprio tratado vitruviano, que teria sido copiado pelas escolas monásticas e pelos grêmios dos pedreiros.

Essas ‘*regras da arte da boa construção*’³⁴ eram instauradas e controladas pelas *lojas*³⁵ corporativas e a sua transmissão abrangia, estudos teóricos, secretamente eruditos, e uma aprendizagem prática hierática. No caso particular, das técnicas associadas à estrutura dos elementos resistentes, a aplicação do termo *scientia* não significava o manuseamento intencional de tensões e deformações.

Na passagem do românico para o gótico, a importante mutação histórica sofrida pelas soluções estruturais foi possível graças a essa institucionalização da prática construtiva que garantiu, à partida, uma plataforma estável para uma prática conscienciosa mas, simultaneamente, inventiva.

Contudo a substituição das formas maciças herdadas de Roma, pelo sistema linear gótico, ocorre por duas razões fundamentais: o registo sistemático e pormenorizado de erros desventurados, ou felizes, ocorridos noutros lugares, estava integrado na formação das regras do ofício; as empresas das grandes construções representavam autênticos laboratórios, que permitiam a detecção de erros e a sua correcção, dentro do desenrolar da obra. Este processo, extremamente adaptativo, conformava um espaço seguro para levar quase ao limite de desempenho as formas estruturais e os materiais empregues. A coincidência dos ‘caminhos de carga’ e dos dispositivos complementares de equilíbrio de tensões, com a forma arquitectónica, demonstra a destreza intuitiva e empírica para lidar com os fenómenos impostos pela atracção gravítica e explicitá-los em linguagem arquitectónica.

Pode-se avaliar isso analisando o manuscrito de Villard de Honnecourt, compilado por volta de 1235, na região francesa de Amiens – ele representa um exemplo característico do tipo de

³⁴ Expressão ainda hoje muito utilizada em vários ramos da actividade construtiva. É presumivelmente, um reminescente medieval, exemplificativo de um grupo de conhecimentos práticos de transmissão geracional, que suportariam uma confiança social na estabilidade e durabilidade do produto realizado, o suficiente para perdurarem durante séculos.

³⁵ A fundação de um poder corporativo ligado ao saber técnico está perfeitamente sintetizado no termo ‘*Loja Maçonica*’ de origem medieval. ‘*Maçon*’, ‘*Mason*’, pedreiro ou pedreiro livre, deriva da ferramenta de trabalho ‘*maço*’, empregue tanto em obra de pedra como na de madeira. É também significativo que os símbolos das ‘Lojas’ - o compasso e o triângulo - celebrem a actividade do arquitecto e do pedreiro.

conhecimento conquistado pelos arquitectos góticos.

O documento é composto por desenhos, com indicações sumárias escritas, que percorrem temas tão diversos como a construção de estruturas de pontes e campanários, máquinas de medição, regras geométricas para esculpir estátuas, técnicas para elaborar elementos arquitectónicos emblemáticos. Na folha 40 do álbum [FIGURA 3] esclarece-se sobre a possibilidade de construir uma arcada contendo um duplo arco sem o apoio central. A engenhosa técnica, que permite suprimir a coluna central e ausentar de gravidade o capitel intercalado nos dois arcos, apoia-se no desenho da estereotomia com centro na coluna virtual. O capitel suspenso por ‘magia’ no ar ilustra, de forma categórica, como as técnicas anteriores, neste caso dos arcos romanos, são submetidas a um jogo de formas, cujo interesse final é o de expressar a ‘vibração’ da gravidade na forma da pedra. Neste caso a presença do fenómeno é representado pela espectacularidade da sua ausência, ou seja, pela possibilidade de presumir o capitel a levitar devido a uma decapitação da coluna.

Mas a prática da *linguagem da gravidade* gótica significava mais do que uma vitória contra a inércia da matéria, representava uma dádiva espiritual superior:

*“A luta por uma diafaneidade que representa a vitória sobre o peso dos materiais, numa arquitectura de pedra, não para enaltecer méritos próprios, mas para dar expressão a um sentido de espiritualidade que se vive no dia-a-dia, utilizando uma dialéctica específica, sujeita a uma filosofia prática, integralmente absorvida, eis a posição que os arquitectos do alto gótico tão bem souberam expressar”.*³⁶

“Ars sine scientia nihil est” (a prática nada é sem teoria), expressão utilizada em 1400, pela segunda comissão de peritagem aos trabalhos de construção da catedral de Milão, cujo objectivo era fixar em definitivo o perfil transversal segundo a regra ‘*ad quadratum*’ ou ‘*ad triangulum*’, também ainda pouco tem a ver com a natureza das leis que orientariam as estruturas físicas a partir do séc. XVIII.

³⁶ FILGUEIRAS, Octávio Lixa – “*Da Função Social do Arquitecto*”, p.37.

Quando atrás se sublinhava as palavras de Vitruvius, referindo-se à fundação da Architectura como ciência bipolarizada entre a prática e a teoria, não se destacou a importância que esse facto teve na constituição da arquitectura do Renascimento como disciplina científica. Referida à ciência, a prática da arquitectura renascentista deveria integrar, num único sistema de relações matemáticas, todos os elementos constituintes do todo³⁷; apesar da aplicação dessas regras serem um instrumento antes de tudo referencial da forma e, depois, por arrasto, garante da ‘*boa forma de construir*’.

Dalibor Vesely³⁸, elucidando sobre a origem da tecnologia, refere que a matemática renascentista representava já o essencial, ou seja, a estrutura inteligível da realidade mas, também, a manifestação visível dessa estrutura. O papel mediático e simbólico da matemática, e não só a sua precisão, conferia-lhe um papel destacado no despertar do pensamento moderno mas, acrescente-se, esse pensamento ainda não incluía uma autonomia capaz de discernir, dentro da praxis do ofício, uma ciência das técnicas construtivas.

Talvez se detecte em Leon Battista Alberti (1404, 1472) a excepção que confirma essa regra. Momentaneamente, Alberti justifica a estabilidade estrutural da forma através de uma lógica submetida a regras geométricas e a processos de análise próprios. Isso é confirmado na definição do termo *arquitecto*, que o próprio dá em “*De re aedificatoria*”:

“Arquitecto, chamaria eu, àquele que supera, com seguro e maravilhoso raciocínio e ordem, tanto mental como imaginativo, projectar; levar a bom fim com a sua obra todas aquelas coisas que mediante cálculo de pesos, combinações e distribuição de massas, se podem com grande dignidade adaptar perfeitamente ao uso dos homens”.³⁹

Com as regras da tratadística, a razão dos princípios matemáticos, os levantamentos exactos dos monumentos da Antiguidade, o arquitecto renascentista podia abdicar de uma aprendizagem prática da arte da construção tão aprofundada e necessária quanto os mestres construtores

³⁷ WITTKOWER, Rudolf – “Architectural Principles in the Age of Humanism”, p.104.

³⁸ VESELY, Dalibor – “Architecture in the Age of Divided Representation: the question of creativity in the shadow of production”, p.293.

³⁹ Citado em, BENEVOLO, Leonardo – “Historia de la Arquitectura del Renacimiento”, p.161.

precedentes. Como sublinha Jacques Heyman,

*“[...] As considerações históricas e estéticas começaram a separar-se da estrutura portante, algo impensável para um mestre medieval, que sabia como trabalhar o material no seu sentido técnico mais pleno, assim como dar ao edifício uma solução arquitectónica. É a partir do Renascimento, quando as profissões de arquitecto e engenheiro começam a separar-se – ambas nascem do gótico, mas o arquitecto concentra-se nas regras de proporção compreendidas na teoria, enquanto o engenheiro começa a explorar as regras científicas contidas na prática da construção”.*⁴⁰

Durante o Renascimento será pois possível conceber o corpo arquitectónico como um organismo constituído de inúmeras partes (físicas e simbólicas) que se podem tratar autonomamente. Uma das consequências desta nova percepção dos objectos foi a constituição gradual de um campo de actividade especificamente ligado à resistência dos materiais e à estabilidade estrutural das formas arquitectónicas.

Estavam criadas as condições derradeiras para o estabelecimento de áreas do saber que, partindo ainda da tradição dos filósofos cientistas gregos, depressa desenvolverão trabalhos com uma forte intencionalidade prática. Os arquitectos, seduzidos pela racionalidade das ordens, não acompanharão esse processo.

Até então, a concepção aristotélica da existência da forma independente da matéria, tinha sido responsável por um entendimento da mecânica dos corpos assente em regras de proporção. Se, por exemplo, um objecto aumentasse o seu tamanho nada se alteraria porque as relações formais e proporcionais permaneceriam idênticas. Esta ideia influenciou o desenho de alguns elementos arquitectónicos, onde o caso mais notório é a linha evolutiva sofrida pela escala das cúpulas, mas não só, por exemplo Andrea Palladio (1508-1580) havia escrito que todas as pontes poderiam ter um vão ilimitado desde que as suas propriedades internas se mantivessem constantes⁴¹.

⁴⁰ HEYMAN, Jacques - “La ciencia de las estructuras”, p. 30/31.

⁴¹ Citado em, SANDAKER, Bjorn Normann, EGGEN, Arne Petter - “The Structural Basis of Architecture”. p.24.

O erro em não fazer corresponder directamente a constituição interna da matéria com a sua forma aparente foi detectado, em 1638, por Galileu Galilei (1564-1642). Nos seus “*Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorni à Due Nuove Scienze*” problematiza-se, pela primeira vez e por processos analítico-empíricos, os conceitos essenciais da teoria das estruturas: a estabilidade e a resistência dos materiais. A *linguagem da gravidade*, por decorrer de um fenómeno particular e inerente à matéria, era ela própria dissimulada na razão natural de ser das formas e dos materiais; com Galileu, a *gravidade* e as suas manifestações físicas irão ser isoladas, reduzidas e capturadas em representações matemáticas.

A preocupação relativa à natureza das cargas aplicadas, e a consequente ruptura dos materiais, será objecto de uma sistemática experimentação dos fenómenos dos quais deduzirá leis matemáticas gerais. A famosa descrição do funcionamento de uma viga em consola, quando sujeita a uma carga vertical, para além de delinear já a presença da noção de momento-flector, como veremos, antecipa todo o desenvolvimento que a física das estruturas irá sofrer.

Galileu tinha observado inúmeros problemas que ocorriam na construção de edifícios e experimentou construir modelos matemáticos na tentativa de explicar e prever o comportamento resistente dos materiais usados.

O processo iniciado por Galileu, ao demarcar uma razão própria ao funcionamento físico dos elementos construtivos autónoma dos princípios por que se regia a forma, introduziu um problema na unidade do saber arquitectónico. Isso significava que, na tão respeitada tríade vitruviana, a *firmitas* não poderia ser mais regulada pelas mesmas leis que regiam a *utilitas* e a *venustas*. A maior consequência deste desajuste foi o facto que o sistema de projectação arquitectónico usado, profundamente referenciado ao conceito vitruviano de coesão disciplinar, não poderia mais subsistir⁴².

O problema, que as novas ciências de Galileu levantou, decorria de um processo mais alargado de racionalização do conhecimento que estaria na base do posterior desenvolvimento do pensamento científico

⁴² DI PASQUALE, Salvatore – “L’Arte del Costruire: tra Conoscenza e Scienza”, p. 54.

ocidental.

O “*olho será destinado a ver, e a ver apenas; o ouvido, apenas a ouvir. O discurso terá então por objectivo dizer o que é, mas já não será coisa alguma do que diz*”⁴³. Esta nova ordem fundada na ‘razão’ introduzirá profundas modificações no entendimento da realidade e na sua construção. Segundo Michel Foucault, a substituição da “*hierarquia analógica pela análise*” e a autonomia disciplinar que a história e a ciência sofreram, constituem duas das principais modificações introduzidas na nova organização do pensamento ocidental⁴⁴.

O futuro protagonismo que a ‘*análise*’ irá adquirir como método universal, principalmente quando recorre à linguagem matemática como ciência universal da medida e da ordem, será um dos factores mais importantes na caracterização do pensamento tecnológico emergente. Nas ciências naturais, em particular, o método científico analítico permite que a dimensão teórica do conhecimento se objective em teorias gerais e modelos abstractos, representativos dos fenómenos físicos ocorridos. Esta visão do mundo criará os instrumentos operativos, objectivos e universais, que possibilitarão desmontar a estrutura da matéria e reorganizá-la em novos produtos cujo comportamento físico poderia, a partir de então, ser previsto e manipulado.

Neste panorama de alteração profunda nos mecanismos de conhecimento da realidade, a interpretação e quantificação dos fenómenos relacionados com o efeito da *gravidade* constitui um momento característico da transformação do saber técnico ligado à arquitectura. Isso será particularmente evidente, uma vez que a mecânica dos materiais será um dos temas predilectos da curiosidade científica dessa época.

A divulgação dos princípios presentes nos ‘*Discorsi*’ de Galileu alimentaria durante um longo período de tempo as produções teóricas sobre a ciência dos materiais; mas o que a irá impulsionar será, definitivamente, o aparecimento da obra que culmina toda a tradição de

⁴³ FOUCAULT, Michel – “*As Palavras e as Coisas*”, p. 98

⁴⁴ Ibidem, p.110.

pesquisa da filosofia mecânica, iniciada na Grécia: “*Philosophiae naturalis principia mathematica*” de Isaac Newton.

Em 1687, Newton enunciara as três leis⁴⁵ que, com a lei antecedente⁴⁶ de Robert Hooke (1635-1703), constituirão a base do desenvolvimento das teorias modernas de estruturas. Apoiados nestes novos dados científicos, desenvolver-se-ão as ferramentas teóricas que possibilitarão o progresso tecnológico do séc. XIX e, em particular, o aparecimento de técnicas específicas para dominar o fenómeno da gravidade.

Apesar da disponibilidade desses instrumentos⁴⁷ ao serviço da forma arquitectónica, a inércia provocada pelo peso do modelo classicista, tanto na formação dos arquitectos como no gosto dominador da burguesia, foi suficiente para adiar uma exposição maior da *linguagem da gravidade* pela presença dos novos conhecimentos físicos – Antoine Picon sublinha esse facto:

*“Throughout the Classical age, the main relation between architecture and science was based on the widespread belief in an architectonic world ruled by proportion. Although the new modern science had begun to challenge this vision, architecture was still considered a discipline embodying very essential natural principles. [...] During the second half of the eighteenth century, all these very immediate relations between architecture and science gradually weakened. Structural engineering split from architecture, and strength of materials was transformed into science based on calculus than geometrical figures”.*⁴⁸

Após o Renascimento tinha-se operado uma transformação significativa do papel do arquitecto no sistema produtivo da obra. Desde então, o entendimento do exercício da profissão tinha-se aliado a

⁴⁵ Lei da Inércia: os corpos mantêm-se em movimento rectilíneo uniforme ou em repouso enquanto não actuar uma força. Lei da Força: a intensidade de uma força depende do produto entre a sua massa e a aceleração. Lei da Acção e Reacção: se um corpo exercer uma força noutro, ele por sua vez sofre o efeito de uma força de igual intensidade e sentido contrário. In “*Diccionario Enciclopédico de Tecnologia*”, vol.II – p.1123.

⁴⁶ Lei de Hooke: numa deformação elástica recuperável, a tensão é proporcional à deformação. In “*Diccionario Enciclopédico de Tecnologia*”, vol.I – p.711.

⁴⁷ A partir de 1729, com o primeiro manual completo de engenharia civil, “*Science des ingénieurs*” de Bélidor, iniciar-se-á uma produção gradual de compêndios sobre a resistência de materiais e das formas estruturais, apoiados na razão científica e vocacionados para uma utilização prática.

⁴⁸ PICON, Antoine – “*Architecture, Science and Technology*”, em “*The Architecture of Science*”, p.314.

um novo estatuto social que passava por reconhecer a arquitectura exclusivamente como uma prática artística. Esse afastamento do estaleiro, e portanto do cenário de um saber técnico vivo e regenerativo, restringiu o conhecimento da construção ao plano das ordens clássicas, as quais acabavam por funcionar como modelos construtivos porque ao longo dos tempos haviam automatizado um modo de fazer.

A hegemonia das academias, nascidas da organização renascentista do ofício, manterá o saber disciplinar vinculado ao conhecimento das ordens clássicas. Nesse período de tempo, a evolução das soluções estruturais será determinada por formas canónicas estabelecidas pela tratadística; por conseguinte, se excluirmos as tentativas de levar ao limite de resistência os materiais historicamente usados, é visível a estagnação do desenvolvimento das técnicas construtivas. Portanto, é num ambiente marcado pela auto-suficiência da *venustas* que a arquitectura presencia todos estes acontecimentos que se dão no campo do saber das ciências naturais.

“Sembra infatti strano che [a cúpula de S. Pedro do Vaticano] poté idearsi, disegnarsi, lavorarsi, senza i Matimatici e nominatamente senza la Meccanica coltivatissima d’oggi giorno; dunque potrà ancora ristorarsi senza che richieggasi principalmente l’opera de’Matematici e della Matematica [...] Michelangelo fu messo a scuola dal Ghirlandaio [...] in questa scuola non si spiegavano i punti più astrusi della Matematica e nominatamente della Mecannica; né al Bonarruoti [...] si proponevano dal suo maestri i bei problemi della curva isócrona, o dell’isocrona paracentrica [...] né della curva brachistocrona [...] Disegno e non matematica insegnava il buon Grillandaio al suo giovane discepolo.

*[...] è abuso grande [...] il pretendere che dalle sue teorie, più che dalla Pratica degli Architetti, dipenda l’investigare le cause, e prescrivere i rimedi convenienti a i danni della Cupola”.*⁴⁹

Os comentários citados fazem parte de uma carta anónima de 1743, divulgada em Roma aquando da peritagem ao tambor da basílica de

⁴⁹ “Sentimenti d’un Filosofo sopra i danni della Cupola di S. Pietro e le di loro cause”, Carta anónima posta a circular em Roma, 1743. DI PASQUALE, Salvatore – “L’Arte del Costruire: tra Conoscenza e Scienza”, p. 351.

S. Pedro. Havendo fortes indícios que as fissuras aí existentes decorressem de uma solução estrutural desadequada às dimensões da cúpula, e que esta entrasse em colapso, foi chamada a Roma uma comissão de especialistas composta por três matemáticos.

A ingerência simbolizada pelo grupo de peritos afere bem do grau de confiança social depositado nas ciências novas (ou renovadas) e também da fragmentação do saber próprio da Revolução Científica.

O caso da problemática fissuração do tambor da basílica de S. Pedro, dado o valor universal do edifício, influenciou significativamente uma nova postura sobre o desenho estrutural das grandes obras. O ano de 1742, data dos documentos onde consta a análise da razão das anomalias estruturais nesse edifício, é o ponto de viragem de um saber que remediava os erros mediante processos empíricos, de consequências imponderáveis, para um conhecimento do equilíbrio estático assente em procedimentos analítico-dedutivos. Apesar dos novos métodos de análise ainda serem de génese geométrica, o que se deve notar é que a medição das condições de estabilidade seguiam procedimentos harmonizados por critérios rigorosos de classificação e sistematização:

*“Typically, one reads in the recorded earlier expertises either totally unsubstantiated expressions of opinion, or similar expressions of opinion backed only by direct appeals to past experience or to design rules that were merely simple codifications of such experience. Where there is a direct or implied reference to more abstract theoretic principles, these are of the kind that is well exemplified by Alberti’s stated reasons for finding the arch with a full semicircular profile and the full hemispherical dome the strongest forms of all. These were based on purely geometrical concepts of structural action that saw, in the uniform curvature of the dome at all points and in all directions, a similar uniformity of internal compressions.”*⁵⁰

Na segunda metade do séc. XVIII as ferramentas disponibilizadas pela Física e pela Matemática aumentarão esse poder de análise das condições estáticas das formas afastando, da razão e ser dos elementos estruturais, as visões de ordem transcendental veiculadas pelas leis da

⁵⁰ MAINSTONE, Rowland J. – “Developments in Structural Form”, p.283.

proporção e pela geometria simbólica. A esse desvanecimento corresponderá proporcionalmente o nascimento duma dimensão teórica do saber prático extremamente eficaz e transformadora. Referimo-nos à *tecnologia* enquanto “*domínio das artes práticas e o estudo sistemático das suas operações e produtos*”.⁵¹

Numa primeira fase, a *tecnologia* não significou mais do que uma seriação e concretização prática dos conhecimentos científicos experimentais. A constituição desta nova forma do saber técnico, fortemente instrumental, progressista e enraizado nas ciências aplicadas, que lhe darão a alma, alterará profundamente os rituais produtivos e a natureza dos artefactos produzidos.

Neste contexto, a entrada no séc. XIX significou um passo decisivo na construção de uma ciência da construção capaz de desmontar, em todas as suas componentes, o desempenho do edifício quando sujeito à acção gravítica. Paralelamente, seriam colocados frente-a-frente dois processos de entender a materialização da arquitectura e que se constituiriam fundamentais para o novo entendimento da forma construída.

Na passagem de uma produção baseada em métodos artesanais para outra dominada pela eficácia tecnológica e industrial, o desinteresse pelas questões técnico-científicas, demonstrado pela academia, só podia ter dois desenvolvimentos possíveis: a criação de um vazio propício a ser colmatado por outros profissionais aptos a resolver os problemas técnicos que os novos programas colocavam; e uma clivagem entre dois modos de pensar a forma arquitectónica: o aferido à racionalidade formal das ordens clássicas e o voltado para aplicação dos novos materiais e do novo pensamento tecnológico.

Portanto, tornou-se evidente uma bipolarização do saber arquitectónico marcado por um lado pela parcialização da *venustas*, e por outro, pela hegemonia da *firmitas*.

Uma das consequências directas da fractura será a institucionalização do ensino público, de um saber construtivo dominado pelas novas ciências da construção. Na França do séc. XVIII, em especial, assiste-se à consolidação de um novo perfil de projectista,

51 Mumford – “*Arte e Técnica*”, p. 19.

baseado numa educação específica, que se opõe ao arquitecto saído das academias. Esse novo agente da prática construtiva – o engenheiro – será o responsável pela metamorfose que irá ocorrer no processo formativo da arquitectura, decompondo cada elemento arquitectónico na sua função técnica específica, comportando-se fisicamente e mecanicamente de forma precisa dentro do todo estrutural.

Pode-se traçar um paralelismo com o que havia acontecido no Gótico, mas agora essa procura do limite da forma era gerada por motivos mais terrenos e contava com o apoio de ferramentas científicas que legitimarão a criação de soluções fora da linha evolutiva dos produtos do saber empírico.

Sobre este passo fundamental, no entendimento da nova forma construída, Ezio Manzini lembra:

*“O conhecimento prático e a formação inicial dos artesãos carecia de um elemento fundamental para poderem ser reproduzidos: o tempo. Numa situação de falta de tempo, mas com possibilidade de projecções teóricas, nasce uma nova figura: a do engenheiro que faz não o que viu outros fazerem, mas o que sabe calcular. Ao contrário dos artesãos, os engenheiros servem-se de uma linguagem referencial e de grande precisão na descrição de si próprios e dos seus procedimentos. Sabem o que fazem e porque o fazem. Não vêem o novo como um salto no vazio, porque os seus cálculos lhes permitem antever os resultados.”*⁵²

Neste ambiente científico e produtivo, a urgência em alterar a ineficaz organização tradicional do trabalho e do saber levou a *Academie Royale d’Architecture*, em 1743, a autorizar Jacques François Blondel a leccionar cursos públicos na *L’École des Arts* por ele fundada três anos antes. A principal diferença para o ensino, até então ministrado, é a contaminação das matérias típicas de Belas Artes por disciplinas oriundas das ciências aplicadas. Do programa do curso de arquitectura de Blondel faziam parte, para além do ensino da teoria e da prática do projecto, lições sobre técnicas de trabalho da madeira e pedra, lições de Matemática e de Física. Como refere Antoine Picon: Blondel constrói, à luz do seu pensamento sobre a Arquitectura, um dos

⁵² MANZINI, Ezio – “*A Matéria da Invenção*”, p.57

primeiros modelos modernos de ensino, que pressupôs um alargamento do curriculum académico a outros campos do saber e o início de uma tradição de abertura ausente nas velhas Academias⁵³.

O modelo educativo técnico expandir-se-á gradualmente: em 1747 será fundada a *École des Ponts et Chaussées*, que “inventa” a figura do engenheiro moderno⁵⁴; quase em simultâneo funciona em Mezières, uma escola técnica com cursos de engenharia hidráulica, topografia e movimento de solos, vocacionados para a formação dos oficiais do exército; depois, em 1762, Jacques-François Blondel remodela o curriculum da *Academie Royale d'Architecture*, contaminando as matérias típicas de Belas-Artes com disciplinas oriundas das ciências aplicadas; finalmente, em 1794, é criada a *École Polytechnique* de Paris que, conforme o nome indica, introduzirá no ensino da arquitectura e da engenharia, de forma sistemática, regular e exclusiva, disciplinas científico-tecnológicas, que demarcariam definitivamente o campo de actuação profissional de arquitectos e engenheiros.

A institucionalização do ensino em engenharia e a inerente proximidade das ciências exactas com as ciências naturais, num quadro de transformação da realidade, terá, como resultado imediato para o saber da construção, o aparecimento de trabalhos científicos na área do cálculo estrutural que permitirá uma renovação constante de soluções técnicas de cariz científico.

O conhecimento gerado em torno da *L'École des Ponts et Chaussées*, em particular, terá como objecto sistemático de estudo o comportamento físico e mecânico dos elementos construtivos quando sujeitos a esforços. Esses estudos seriam abordados a partir do trabalho seminal de Galileu, que possibilitou, por arrastamento, a confluência das teorias de cálculo já existentes e a sua extrapolação para a realidade tecnológica. Portanto, na transição do séc. XVIII para o séc. XIX, o comportamento da matéria causado pela actuação da gravidade começou a ser apreendido pela razão científica. A nova linguagem

⁵³ PICON, Antoine – “Architectes et Ingénieurs au Siècle des Lumières”, p.116.

⁵⁴ Nas palavras de Ulrich Pfammatter a figura do engenheiro moderno é inventada pela *École des Ponts et Chaussées*. Pois essa instituição é o resultado directo da necessidade de um modelo educativo técnico que respondesse com conhecimento técnico especializado ao forte incremento verificado no sistema produtivo industrial. PFAMMATTER, Ulrich – “*The making of the modern architect and engineer*”, p.8.

técnica dos engenheiros, universalizada pelo raciocínio matemático e pelas leis da física, permitiria “a arte de dirigir as grandes fontes de energia da Natureza para o uso e conveniência do homem”.⁵⁵

Em 1773, Charles-Augustin de Coulomb, engenheiro por Mezières, apresentava em Paris os relatos da sua experiência na construção de fortificações. As memórias [FIGURA 4] da sua experiência prática, como engenheiro, e as respectivas teorias científicas desenvolvida, constituiriam a base da teoria estática moderna⁵⁶.

O conhecimento de Coulomb abrangia os problemas de estabilidade com que as grandes obras da época se debatiam: a resistência das vigas e dos suportes, os impulsos dos arcos sobre os apoios e a pressão da construção sobre o solo. Esta teria sido a razão pela qual entrou numa das maiores controvérsias de finais de Setecentos – a construção em Paris da igreja de Ste. Geneviève, do arquitecto Jacques-Germain Soufflot (1713-1780).

É fácil perceber a polémica sobre a obra, quando a enquadrarmos num cenário em que a validade das soluções construtivas estava balizada entre um saber intuitivo, dominante nas formas construtivas tradicionais, e um conhecimento científico que, pela excessiva urgência de afirmação, corria sérios riscos de reduzir a realidade a números errados. A discussão em que Coulomb participa envolve matemáticos, engenheiros e arquitectos e dá origem a uma série de requisitos, a partir daí institucionalizados⁵⁷. Um deles é o conceito de *coeficiente de segurança*, que não será mais do que a admissão da irracionalidade dentro das soluções estruturais fixadas cientificamente. Esse será sobretudo o problema do conhecimento da construção: a procura de uma racionalidade, sabendo-se de antemão que o processo construtivo, por ser circunstância e não generalidade, ele próprio incorpora parâmetros imprevisíveis.

⁵⁵ Do discurso inaugural do Institution of Civil Engineers, 1828. Citado em, HEYMAN, Jacques - “La ciencia de las estructuras”, p.6.

⁵⁶ FRAMPTON, Kenneth – “Estudios sobre la cultura tectónica”, p.42.

⁵⁷ BENEVOLO, Leonardo – “Historia de la Arquitectura Moderna”, p.20.

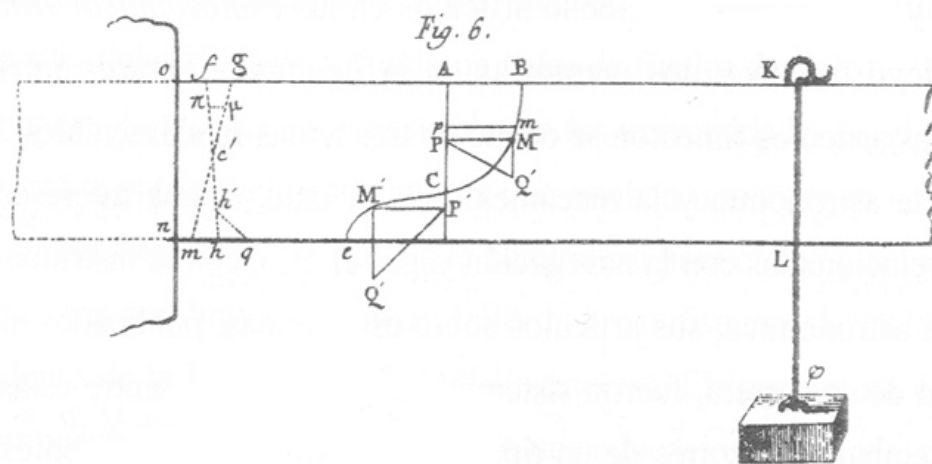
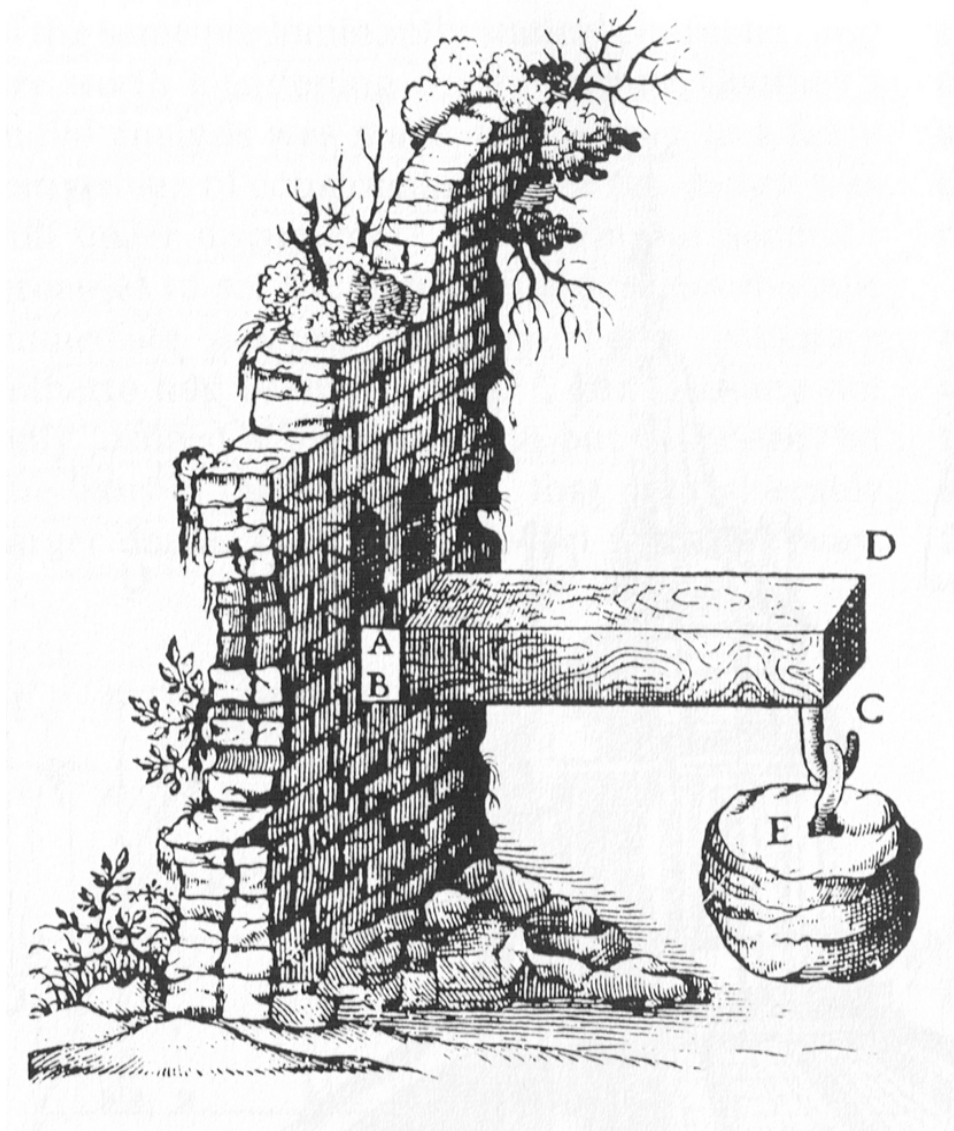


FIGURA 4.1.: Ilustração do problema da resistência à ruptura de uma viga em consola retirada dos *"Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno à due Nuove Scienze"*(1638), de Galileu Galilei.

FIGURA 4.2.: Relação entre a resistência à ruptura e à flexão de uma viga em consola. Ilustração retirada do artigo científico apresentado em 1773 à Academia Francesa por Charles Coulomb.

A igreja do arquitecto-filósofo Soufflot foi desenhada com uma forte intencionalidade filosófica e política, característica da época pré-revolucionária. Uma das características mais marcantes da racionalidade proposta é a correspondência de funções estáticas precisas a cada um dos elementos construtivos da construção, os quais, conforme o papel a desempenhar no conjunto, deveriam ter sempre a menor dimensão possível. Este requisito seria conseguido pela aplicação das recentes teorias da estática.

Assim, as inovações seriam ao nível formal e técnico: a criação de uma unidade espacial, apesar de combinar o modelo grego de construção porticada com o modelo gótico da abobada; e a aplicação, no limite da sua resistência, de uma tecnologia de pedra armada com varões de aço. Kenneth Frampton comenta esta convergência entre intenção espacial e capacidade técnica, da seguinte forma:

*“Ste. Geneviève foi um híbrido tanto do ponto de vista estrutural como tipológico: em primeiro lugar, pela sua síntese das plantas de cruz grega e latina, e em segundo lugar, pela contradição entre os contrafortes escondidos e a ordem ortogonal do peristilo interno. As dificuldades técnicas que surgiram no decorrer da obra testemunham a intransigência da doutrina neoclássica, quiçá mais evidente em Ste. Geneviève que noutros casos, devido à discrepância existente entre as abobadas estruturais que suportam as cargas principais e os arcos semi-circulares, representativos, empregues ao redor do volume interior.”*⁵⁸

Apesar desta construção já antever os benefícios da aplicação do conhecimento tecnológico na gestão da forma arquitectónica, o facto é que hoje Ste. Geneviève, rebaptizada por Luis XVI Panteão dos Homens Ilustres, está fechada ao público por ruína eminente. O edifício acabado por Antoine-Jean-Baptist Rondelet (1785-1863) no ano em que se dá a Revolução Francesa, sofreu da natural deficiência das primeiras teorias de estabilidade estrutural e do desejo de querer ultrapassar o conhecimento intuitivo e empírico fundamental à construção das grandes obras.

⁵⁸ FRAMPTON, Kenneth – “Estudios sobre la cultura tectónica”, p.43.

A basílica de Ste. Geneviève inicia uma época em que a cultura construtiva, dominada até aí pelos problemas da compressão, será paulatinamente invadida pelo fenómeno da tracção.

Os grandes construtores gregos ou góticos não tinham que se preocupar com as tensões instaladas; nesses edifícios a relação entre carga e massa inerte era tão desigual que não havia o perigo de falha do material. Mas a resolução de programas que consumiam grandes áreas livres só poderia ser resolvido através de uma estratégia de aumento proporcional dos elementos até um certo limite.

A passagem para uma construção ligeira dá-se porque os dispositivos abobadados/arqueados, pelo dispêndio de ‘energia’ exigida, deixaram de ser eficazes na resposta às necessidades programáticas dos edifícios oitocentistas.

As estruturas reticulares metálicas, desenvolvidas no início para as pontes, serão o modelo para solucionar essas novas exigências construtivas. A associação de tirantes, escoras e vigas darão a imagem de leveza e resistência características do novo vocabulário arquitectónico que se ia formando.

Com a Revolução Industrial, utilizando o ferro como material, os sistemas traccionados serão os protagonistas de uma nova arquitectura, agora fortemente apoiada num conhecimento científico, que a afastará aos poucos da ‘ditadura’ da ordem do natural. No quadro da tríade vitruviana, essa mudança correspondeu a um domínio parcial da tecnologia. O equilíbrio suposto na condição vitruviana da arquitectura resultava duplamente quebrado: à já existente radicalização da *venustas* vinculada na *Academie d’Architecture*, juntava-se agora a parcialização da *firmitas*.

Do ponto de vista da *linguagem da gravidade*, o desequilíbrio provocado quer pela máxima presença da *venustas*, quer pela da *firmitas* significou duas coisas: de um lado, o recurso a meios técnicos desmedidos para manter um determinismo formal que se havia deslocado do empirismo estrutural das formas originais; por outro, a construção de um léxico expressivo permitido pela presença das inovações tecnológicas, intimamente ligado à questão estrutural.

Na primeira metade do séc. XIX, são lançadas as duas obras que viriam a alterar profundamente a condição da *linguagem da gravidade* dentro da forma arquitectónica. Não será porventura coincidência que ambas sejam o resultado das aulas dadas nas recém criadas escolas técnicas. Referimo-nos às “*Precis des Leçons données à l’École Polytechnique*” de Jean-Nicolas-Louis Durand (1760-1834) e os “*Résumé des Leçons données à l’École des Ponts et Chaussées*” de Claude Louis Marie Navier (1785-1836).

A partir de 1826 – ano em que Navier publica as lições que havia proferido na *L’École des Ponts et Chaussées* – assiste-se a uma gradual consolidação das teorias sobre o comportamento estrutural que, aos poucos, viria a constituir-se numa ferramenta indispensável ao desenho de edifícios. Como afirma Jacques Heyman, as “*Leçons*” de Navier serão o primeiro texto moderno sobre análise estrutural “*onde se utiliza a teoria científica para calcular os tamanhos dos elementos estruturais que não-de desempenhar funções estruturais específicas*”⁵⁹.

A importância de Navier na história da razão de ser dos elementos estruturais é, pois, determinante porque a partir daí adoptar-se-á que a engenharia civil não estará mais interessada em analisar *a posteriori* as razões do colapso da estrutura, mas antes prevenir esse colapso: “*O engenheiro deve calcular as tensões numa estrutura submetida a [certas] cargas, e verificar que as referidas tensões se encontram abaixo do limite elástico do material*”.⁶⁰

Os estudos de Navier influenciaram decisivamente a restante investigação sobre novos elementos estruturais e sobre as potencialidades mecânicas dos novos materiais: o próprio Navier haveria de desenvolver as primeiras análises de estruturas trianguladas; posteriormente, o engenheiro Isambard Kingdom Brunel descobriria que, nas vigas, o material próximo do centro estava sujeito a esforços menores que o das superfícies, idealizando os famosos perfis metálicos “I”; depois, já em 1864, Saint-Venant fixará o sistema de cálculo da tensão tangencial de corte em perfis metálicos, garantindo as regras

⁵⁹ HEYMAN, Jacques - “La ciencia de las estructuras”, p.75.

⁶⁰ Ibidem.

com as quais os engenheiros modernos puderam dimensionar em tempo útil o aço necessário para as suas estruturas.

Todos esses conhecimentos constituíam material de projecto indispensável aos novos programas, sendo veiculados nas escolas politécnicas e aí analisados no contexto da arquitectura.

Neste contexto, Jean-Nicolas-Louis Durand, formado na tradição da academia, após o ano de 1797, ficará responsável pela classe de arquitectura da *École Polytechnique*. Como resultado da sua actividade pedagógica lançará, em 1811, o livro “*Precis des leçons données à l’école polytechnique*” que se constituirá um guia de princípios de desenho de notável influência na reestruturação do conhecimento arquitectónico.

Esse conjunto de apontamentos heterogéneos, sobre o exercício do projecto, trata de problemas tecnico-construtivos decorrentes das novas tecnologias (uma das obras analisadas é, precisamente, a Ponte dos Inválidos de Paris, construção atirantada com base nas teorias estáticas de Navier), como também aborda alguns critérios de racionalidade ligados a projectação da forma arquitectónica.

As matérias explanadas estão bem retratadas numa das páginas de apontamentos [FIGURA 5] de um dos seus alunos. Aí se encontra um estudo de tipologias estruturais que demonstra como Durand explicava as relações entre forma arquitectónica, com regras espaciais próprias, e simultaneamente a lógica estrutural. As três tipologias definidas – formas monolíticas resistentes, planos horizontais apoiados e construção porticada – não só determinariam as qualidades do espaço (dinâmicas direccionais, enclausuramento, simetria, etc.) mas também requereriam certas soluções de cobertura (abóbadas, arcos, lajes, etc.).

As ideias que Durand transmitia não só tinham uma aplicação na educação como constituíam uma teoria de arquitectura de aplicação prática, sabiamente fundamentada numa síntese entre a tradição *Beaux-Art*, ligada ao saber empírico, a sociedade pós-revolução francesa e o conhecimento tecnológico emergente. Diria ele nas *“Precis des leçons”*:

“Deve-se concluir, necessariamente, que as ordens não formam, de modo algum, a essência da arquitectura; que o gosto que se espera do seu emprego e da decoração resultante, não existe; que a própria decoração é uma quimera e os gastos que requerem, uma autêntica loucura.

*[...] Seja porque se consulte a razão, seja porque se examine os monumentos, é evidente que o prazer não pode mais ser o fim da arquitectura, nem a decoração arquitectónica o seu objecto. A utilidade pública e privada, o bem-estar e a preservação do indivíduo e da sociedade: é este o objectivo da arquitectura”.*⁶¹

Os alunos da *École Polytechnique* ficam assim libertos da parcialização do saber provocado pela afirmação durante cinco séculos da *venustas*. A liberalização das *‘ordens’* e a legitimação de novas formas, através da eficácia económica assegurada pela nova ciência, facilitarão o surgimento da geração dos arquitectos-engenheiros, que alimentarão o nascimento de uma nova cultura construtiva.

Esta nova aproximação ao fenómeno arquitectónico é fundamental para se perceber a passagem do Neoclassicismo para o Modernismo. Referimo-nos não só à assunção de uma verdade construtiva não ornamentada, como também às possibilidades de desenho, resultantes da separação entre a função estrutural e a função de fecho, ou seja, a capacidade de afastar os condicionalismos provocados pela actuação da gravidade sobre os muros de carga, que sempre haviam determinado a tradicional expressão monolítica da arquitectura ocidental.

Como diria Louis Kahn, um século e meio mais tarde: *“O grande acontecimento na arquitectura..., aconteceu quando caíram as paredes de carga e vieram as colunas”*.⁶²

⁶¹ *“Precis des leçons données à l’école polytechnique”* em, DURAND, Jean-Nicolas-Louis – *“Lezioni di Architettura”*, p.22.

⁶² Citado em, PARICIO, Ignacio – *“La construcción de la arquitectura”*, p.9.

Mas em três mil anos de *cultura de compressão*, bem esmagada contra a terra, os componentes figurativos e simbólicos tenderam a sedimentar-se e enraizar-se na linguagem arquitectónica. Porquanto os novos edifícios, metálicos, apesar de estarem sobre uma lógica construtiva distinta, continuariam a ostentar vestígios de uma *cultura de tracção* que, por sua vez, ainda mantinha indícios da leveza vegetal das construções primitivas.

O que escondia a expressão, dada pelos motivos ornamentais de inspiração pastoral, já nada tinha a ver com uma ordem do natural que determinava a solução técnica. Pelo contrário, o novo saber tecnológico induzia a uma racionalidade construtiva que levaria a forma arquitectónica à abstracção da leveza e da transparência: por trás da representação dos frágeis acantos escondia-se, pois, um elemento vigoroso que concentrava um estado de tensão tão acentuado e tão matematicamente previsto, como jamais acontecera nas soluções construtivas.

Leonardo Benévolo e Kenneth Frampton revelam o resultado desse processo:

*“Aparecem já claramente todos os distintivos: a maneira de compor por adição mecânica, a independência entre o sistema estrutural e o revestimento dos elementos, a predilecção pelas cotas em números redondos e pelas formas elementares, que reduzem ao mínimo o arbítrio do projectista; voltaremos a vê-los em Paxton, Eiffel, Contamin, Le Baron Jenney, de Hannebique”.*⁶³

*“Quando a estrutura e a construção parecem ser mutuamente independentes, como no Palácio de Cristal de Paxton, construído em 1851, o potencial tectónico do conjunto parece derivar da arritmia das suas partes e da articulação das suas uniões. Neste caso particular, podemos dizer que existe uma divergência, ainda que imperceptível, entre a capacidade estática e a forma representativa, pois as colunas modulares de ferro forjado e o diâmetro padrão que aparece sustêm cargas diferentes ao variar a espessura das paredes”.*⁶⁴

⁶³ BENEVOLO, Leonardo – “Historia de la Arquitectura Moderna”, p.58.

⁶⁴ FRAMPTON, Kenneth – “Estudios sobre cultura tectónica”, p.30

Relativamente a essas estruturas cristalinas, que reduziram a *linguagem da gravidade* a uma filigrana de componentes metálicas, as primeiras a surgir ainda pouco deviam ao novo conhecimento estrutural emergente. Por exemplo, o construtor do Palácio de Cristal de Londres - Joseph Paxton - era jardineiro⁶⁵ e construtor de estufas que tinha colocado todo o seu saber intuitivo ao serviço de uma inventiva técnica, que se apoiava nas novas possibilidades de fundição do aço. De qualquer forma, 1851, ano da inauguração dessa construção de vidro e aço, simboliza o começo do fim de um legado de conhecimentos empíricos e intuitivos que reconheciam o estado de tensão dos elementos através do seu som; tal como o faziam os mestres construtores góticos, com o ouvido encostado às colunas, escutando e decifrando o cantar da pedra após o batimento. A julgar pelos erros ocorridos nestas novas estruturas de pontes e edifícios, esse seria porventura o modo mais eficaz de ouvir a genuína *linguagem da gravidade*.

Os principais temas do projecto modernista haviam já sido expostos por Durand: a ornamentação, a funcionalidade e a racionalidade construtiva. No entanto, é com Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc (1814-1879) que esses pressupostos serão colocados de forma clara, tal como se percebe nas “*Entretiens sur l’Architecture*”(1863):

*“É necessário voltar a pensar outra vez com a mesma lógica clara que utilizaram os construtores das épocas fecundas da história da arquitectura, ser tão sinceros com os materiais e os programas do presente como eles o foram com os da sua época. Só deste modo a arquitectura da modernidade poderá superar a estéril imitação dos estilos antigos, explorar as infinitas possibilidades que o progresso científico e técnico lhe oferece e criar um novo estilo, a arquitectura que expresse e impulse este processo”*⁶⁶

⁶⁵ A partir de Paxton desenvolve-se exponencialmente a tecnologia da construção metálica que culminará com a construção dos primeiros arranha-céus americanos; também a partir dessa altura, o outro braço da tecnologia da edificação, igualmente fundamental às formas modernas, ganhará importância: o betão armado.

Não se conhecem especiais afinidades entre jardinagem e arquitectura, não deixa de ser no entanto curioso que essas duas tecnologias nasçam na mesma altura e a partir de jardineiros com o mesmo nome: Joseph Monier (patente de vasos de betão armado, 1849, França) e Joseph Paxton (Palácio de Cristal, 1851, Inglaterra)

⁶⁶ VIOLLET-LE-DUC, Eugène-Emmanuel – “*Entretiens sur l’Architecture*”, in “Textos de Arquitectura de la Modernidad”, p.139.

O modelo de pensamento de Viollet-le-Duc era profundamente intuitivo baseado na experiência da construção gótica; mas profundamente inovador porque, à luz de alguns conhecimentos tecnológicos, transformou o paradigma técnico da catedral gótica num manifesto sobre uma nova racionalidade para a forma arquitectónica.

Nos projectos elaborados [FIGURA 6] são recorrentemente utilizados elementos metálicos que compensam uma estrutura convencional; na mesma realidade espacial encontra-se a pedra enquanto material de compressão e o ferro como material de tracção excluído da lógica de trabalho das alvenarias das paredes e das coberturas. Para Viollet-le-Duc, a solidariedade formal existente entre todos os elementos construtivos não deveria por em causa a leitura da lógica da actuação da gravidade sobre a estrutura, que deveria ser separada da racionalidade do restante processo construtivo. Por sua vez, a resposta técnica e expressiva à gravidade deveria ser regulada por dois princípios geradores: aquele da «estabilidade simples», obtido por sobreposição dos materiais que produzem exclusivamente pressão vertical e aqueles de «estabilidade derivada», fundamentalmente resolvida por materiais e formas com capacidades para trabalhar tridimensionalmente.

Deduz-se pois que estes preceitos coincidem em muito com os termos em que os dogmas modernistas seriam colocados, em especial os relativos à construção monolítica ou, por oposição, os ligados ao papel autónomo da forma estrutural. Como sublinha Edward Ford:

*“Monolithic construction was a feature that the plane and the automobile decidedly did not have in common with the cathedral. The car from the beginning, and the airplane as it developed from the beginning, concealed most or all of their structural frame, nor did the enclosing envelopes reveal much about what was below. While recognizing this, most architects were unwilling to let go of the ideal of the wall of the cathedral where all was visible.”*⁶⁷

⁶⁷ FORD, Edward R. – “The details of Modern Architecture”, p.21.

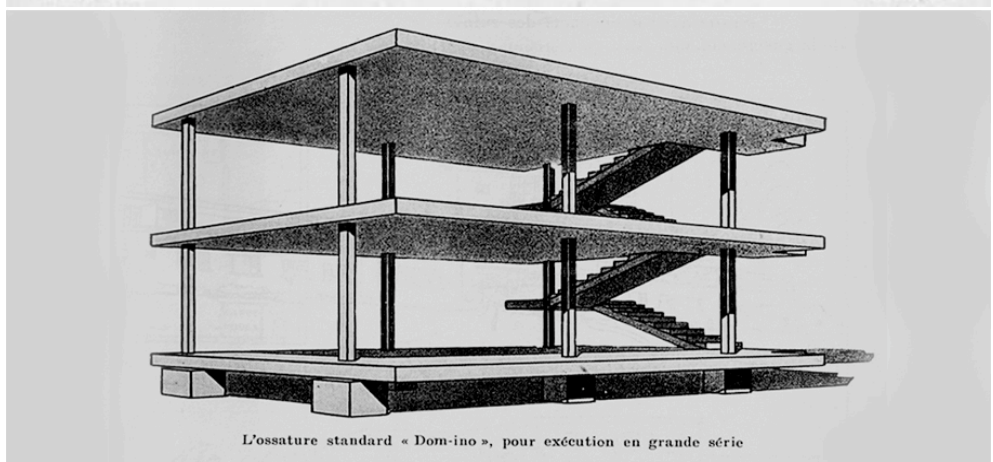
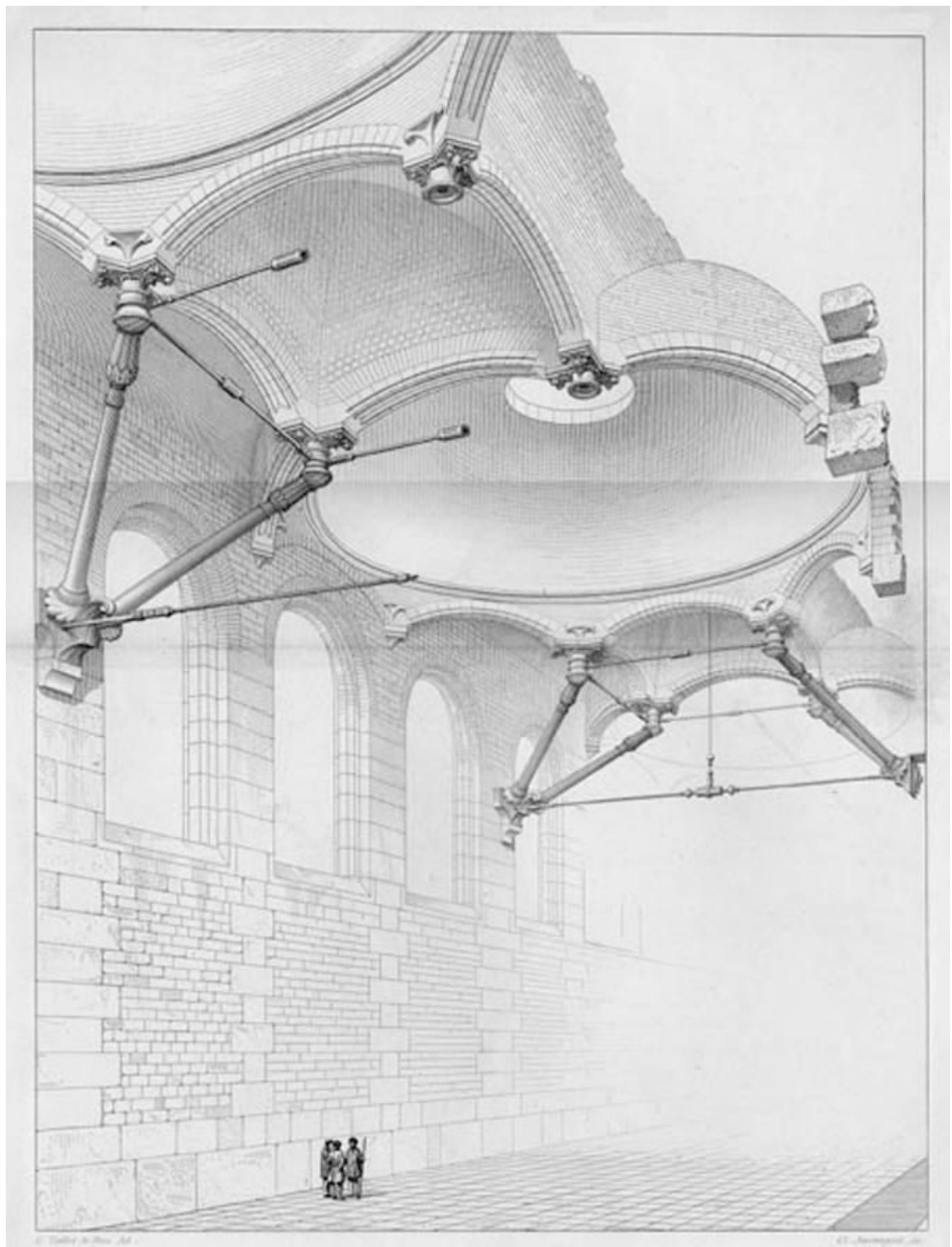


FIGURA 6.1.: Sala de assembleias com cobertura mista. Viollet-le-Duc, “Entretiens” (1863).
FIGURA 6.2.: Módulo estrutural em betão armado, *Maison Dom-Ino*. Le Corbusier (1929).

Consegue-se estabelecer uma linha evolutiva entre Durand e Le Corbusier, pois os quatro temas atrás enumerados fazem parte do património conceptual do Movimento Moderno e decorrem de um processo iniciado com a instituição, durante o séc.XVII, das escolas técnicas de engenharia e arquitectura.

A “*estética do engenheiro*” com que em 1923 Le Corbusier abre “*Vers une architecture*” é sintoma da importância do novo pensamento; aliás, o famoso livro não seria mais do que a compilação dos doze primeiros números da revista com o sugestivo nome de “*Esprit Nouveau*”. Esse espírito da nova arquitectura deveria ser inspirado pelos produtos do novo conhecimento tecnológico:

“*Guiando-se pelo cálculo, os engenheiros utilizam as formas geométricas, satisfazem o nosso olhar mediante a geometria e o nosso espírito mediante a matemática; as suas obras movem-se pelo caminho da grande arte*”.⁶⁸

Apesar deste apelo à razão do engenheiro, os objectos arquitectónicos produzidos por Le Corbusier demonstram, na prática, uma síntese entre o mundo da ciência, da razão, com o da subjectividade intuitiva e empírica. Existe aí uma fusão entre as componentes da tríade vitruviana, **que a forma emerge sempre num único conceito.**

Esta referência ao arquitecto suíço justifica-se por se encontrar na diversidade da sua obra alguns dos paradigmas que atestam o tipo de presença da *linguagem da gravidade* nas formas arquitectónicas do séc.XX.

Tomando novamente como referência as observações de Edward Ford em “*The details of Modern Architecture*”, pode definir-se três critérios gerais para aferir da natureza da *linguagem da gravidade* na construção arquitectónica:

1. A construção monolítica.
A gravidade expressa-se uniformemente através da massa inerte dos volumes. Este tipo de construção vai rareando, mas pode-se

⁶⁸ LE CORBUSIER – “*Hacia una arquitectura*”, p.13.

elege a obra de Rafael Moneo como paradigma deste tipo de atitude projectual.

2. A construção estrutural.

O caminho das cargas até ao chão é controlado por formas delicadas que coincidem na totalidade com essa gestão da tensão. Os casos típicos destas manifestações espaciais encontram-se nas obras dos denominados *engenheiros-arquitectos* ou, então, decorrem de processos projectuais em que a presença de um engenheiro especialista é permanentemente exigida.

3. A construção composta.

Uma interpretação importante do fenómeno arquitectónico, moderno ou contemporâneo, é a efectuada à luz da *tectónica*. O conceito de ‘tectónico’ aparece como uma característica expressiva produzida pela “*resistência estática da forma construtiva, de tal modo que a expressão resultante não pode ser explicada só em termos de estrutura e de construção*”⁶⁹. Devem ser aqui incluídas aquelas obras que intuindo a acção da gravidade, não expressam a sua realidade física através dos mecanismos mais óbvios à lógica estrutural. Normalmente, são situações em que é prioritário para a significação da forma os valores de *instabilidade, desequilíbrio, precariedade, anisotropia*. Um sistema arquitectónico, emblemático do que se quer traduzir, é o par de casas unifamiliares desenhadas pelo arquitecto Eduardo Souto de Moura, em Ponte de Lima: uma, absorvida pela gravidade do seu peso, baixou à terra a outra ainda aspira ascender ao céu. Aqui, apesar do recurso a uma solução complexa da estrutura de uma das casas (a da consola), a forma encontrada ultrapassa a simples transposição para linguagem arquitectónica do prodígio estrutural, instalando-se num domínio em que o próprio significado de estabilidade é questionado.

⁶⁹ O termo ‘tectónico’ é amplamente explorado por Kenneth Frampton em “*Studies in Tectonic Culture*”, 1995. A proposta de Frampton é de uma reavaliação da produção arquitectónica baseada na poética da construção, no potencial expressivo dos modos construtivos e estruturais utilizados. FRAMPTON, Kenneth – “*Estudios sobre cultura tectónica*”, p.13

Para finalizar este percurso de natureza indicativa, colocamos a *gravidade* como um dos temas de análise do objecto arquitectónico contemporâneo. Será condição desse propósito verificar o alto nível de desempenho actual do conhecimento relativo à razão estático-resistente; os meios informáticos e os novos materiais permitem quase todas as formas. No entanto a *linguagem da gravidade*, como sempre, permanece vinculada à ideia de arquitectura, a qual estabelece, dentro da sua racionalidade, os mecanismos expressivos da tensão da matéria.

A característica única do espaço contemporâneo é ter à sua disponibilidade ferramentas cognitivas e materiais que conduzem a estabilidade mecânica e física da forma a níveis inigualáveis de certeza comportamental. Porventura, é isso que leva o conhecido engenheiro Cecil Balmond, do escritório Ove Arup, a afirmar:

“Tomemos por exemplo o caso da gravidade. As estruturas crescem à medida que acumulam carga; esquematicamente a estrutura seria um cone com a base sobre o solo e o vértice em cima. Em termos arquitectónicos este conceito é limitador, Quanto mais um edifício em altura se aproxima do solo, aparece um bosque de pilares e de condicionantes projectuais importantes. Porque não medidas menos restritivas? Em termos esquemáticos – porque não inverter o cone? Para consegui-lo o arquitecto e o engenheiro têm que estabelecer um estreito diálogo para encontrar a solução mais adequada.” [FIGURA 7]

*Se a estrutura é uma manifestação arquitectónica, esta teria que conter a excitação da hipótese inicial. A estrutura não devia ser uma definição rígida de malha; pelo contrário, teria que redefinir os diferentes acontecimentos que têm lugar nos espaços do edifício”.*⁷⁰

O texto citado continua com uma hipótese de trabalho: propõe que à tradicional divisão entre forma e função estrutural, em que os pilares e as vigas são sempre determinados por uma malha fixa e hierarquizada, se sucedam soluções onde a actuação da gravidade seja domesticada para ela própria intervir e pontuar o espaço.

⁷⁰ Balmond, Cecil – “Tecnologia: um buraco negro” in Quaderns nº199, p.87.

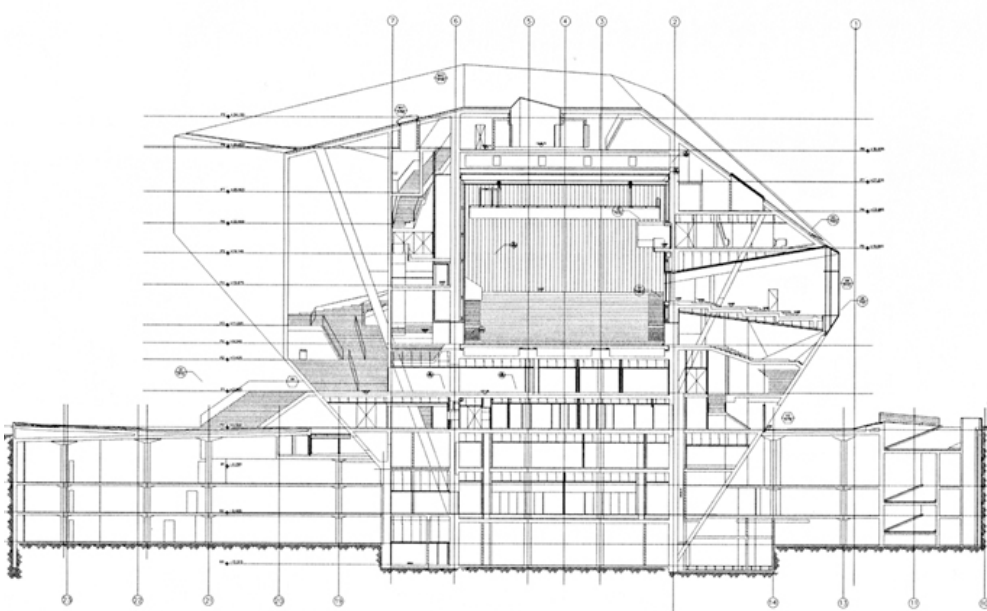
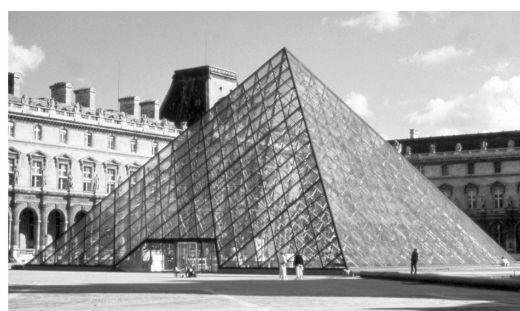


FIGURA 7.1./7.2.: Pirâmides de Quéops, Egipto (c.2575 a.C.).

FIGURA 7.3.: Pirâmide do Louvre, Arq. I.M.Peí; Paris (1985).

FIGURA 7.4.: Projecto da Casa da Música - Corte Transversal, Arq. Rem Koolhaas; Porto (2003).
Ainda que truncada, é visível uma inversão na pirâmide natural de acumulação de carga.

3| A cultura da compressão e a cultura da tracção.

O trajecto atrás delineado fez corresponder a um crescente domínio racional da *linguagem da gravidade*, construções cada vez mais submetidas a esforços de tracção do que de compressão. Analisada à luz da *linguagem da gravidade*, a história da arquitectura ocidental parece ter fechado um ciclo iniciado nas construções leves primitivas. Após três mil anos do domínio de uma cultura de compressão que manteve os edifícios bem esmagados contra o chão, parece que a partir do séc. XX a forma arquitectónica vive sobre uma crescente influência de uma cultura de tracção.

Essa influência tão avassaladora apurou um conjunto de dispositivos técnicos, a funcionar em osmose com a matéria, que garantem a justeza entre a forma arquitectónica e as necessidades de conforto. Na nova cultura da tracção esse patamar evolutivo só é ultrapassável à custa de automatismos tecnológicos dependentes de altos níveis de especialização do conhecimento científico.

“In the Mediterranean tradition, from which most Western architecture is directly descended, the need to render society’s shelter-investment permanent – or, at least, perdurable – was normally answered by making massive. Thick and weighty structures are less easily overthrown by storm or earthquake, less maimed by fire or flood. But such constructions bring with them environmental advantages that had become so customary in three millennia of European civilisation, that they were falsely supposed to be inherent in all structural techniques, and there were baffled complaints when they were found to be absent from light-weight methods promoted out of futuristic enthusiasm for the ‘Machine Age’”.⁷¹

Pode-se afirmar que, numa primeira fase, a chamada cultura da tracção dominou a cultura construtiva. O homem dependia inteiramente do meio natural em que estava inserido: em zonas de pouca vegetação os abrigos eram aproveitamentos de acidentes topográficos favoráveis, mas nas áreas arborizadas as capacidades cognitivas, ligadas

⁷¹ BANHAM, Reyner – “The Architecture of the Well-tempered Environment”, p.22.

especialmente ao critério analógico, fizeram com que as observações sobre o comportamento de alguns elementos naturais fossem recriadas em formas construtivas originais.

Analisando o comportamento de alguns elementos naturais foi possível controlar o desempenho da construção face ao meio agressor.

A previsão funcionava porque os materiais empregues não sofriam grande transformação. Um bloco de pedra, que durante séculos não tinha sofrido erosão, grosso modo, manteria essa característica; um tronco de árvore tinha uma certa flexibilidade e resistência à pressão do vento; as folhas eram impermeáveis; a pele dos animais capturados era durável e elástica. Deduzia-se que, tal como esses materiais reagiam adequadamente às agressões do clima, então também cumpririam esses mesmos objectivos numa nova situação – restava o domínio dos meios técnicos, capazes de fazer a adaptação às novas funções.

As construções assim erguidas tinham em comum a necessidade de utilizar técnicas de união dos vários elementos empregues, o que fez desenvolver soluções de amarração cada vez mais sofisticadas.

A cultura da tracção parte então de uma racionalidade dada pela *razão da natureza*; através de materiais facilmente manuseáveis criou formas leves, aparentemente efémeras, mas extremamente eficazes, quer do ponto de vista físico e mecânico, como também no aspecto da integração cultural.

A este propósito refere-se, como exemplo algumas culturas primitivas africanas, mas, sobretudo, o caso da cultura oriental onde algumas soluções desenvolvidas, em particular pela civilização do Sol Nascente, mostram a complexidade e destreza técnica que a agregação de elementos expostos a grandes esforços de tracção e flexão exigem. Essa perícia está bem presente no comentário de H.L. Cox, citado por Gordon em *“Structures, or Why things don’t fall down”*:

“É uma curiosidade do desenho técnico que seja impossível definir um elemento à tracção sem lhe associar peças de união nas extremidades para aplicar-lhe a carga: a distribuição de tensões nas extremidades de junção será muito mais complicada que a tracção simples, seja qualquer um dos materiais que a compõe, ferro, lianas, cabos entrançados ou cordas. Fica no entanto muito espaço livre para a teoria do desenho dessas peças de união, ainda que exista muita experiência; e este tenha sido ditado tanto pela mestria dos

*antigos pigmeus para realizar nós de lianas como pelos inventos de Brunel com as suas eficazes uniões em olhal. Todavia os teóricos têm a última palavra”.*⁷²

Na tradição ocidental esta predilecção pelas matérias leves e pelos elementos heterogéneos foi sendo, desde as primeiras civilizações mesopotâmicas, colocada de parte dando lugar à construção de grande inércia. O desafio à condição natural da matéria e o sentido de permanência como facto histórico reflectem algumas das diferenças que se iriam estabelecer: a substituição do entalhe da madeira pelo aparelhamento de pedra⁷³, ao qual se juntaria depois as alvenarias estruturais de tijolo maciço e o betão armado; a perenidade das formas; o sentido monolítico e monumental da construção concentrando numa única solução técnica o conforto desejado.

Com a revolução Industrial inicia-se a era das coberturas leves⁷⁴ e das fachadas transparentes. Criar o leve e o transparente significaria um afastamento definitivo das técnicas empíricas da construção no entendimento do fenómeno da gravidade. Ao engenheiro, aos poucos afastado da concepção de edifícios, caberia a tarefa de auxiliar o arquitecto nesse destino para o qual a forma arquitectónica parecia cegamente caminhar.

Portanto, a passagem da cultura da compressão para a cultura da tracção corresponde a uma mudança radical no pensamento arquitectónico, pois a partir do momento em que os edifícios começaram a depender de soluções técnicas, no limite da resistência dos elementos, e utilizam novos materiais, inclusive compostos, só em raríssimos momentos da fase projectual será possível controlar como entidade una todo o desenho do edifício.

⁷² GORDON, J.E. – “Estructuras o por qué las cosas no se caen”, p.359.

⁷³ O desenho com motivos vegetais das colunas de pedra egípcias e gregas constitui um símbolo da apropriação da cultura da compressão pelas formas das construções de elementos traccionados.

⁷⁴ A relação entre peso suportado e peso próprio da cobertura era, no início do séc. XX menor, que a unidade; a partir daí, em condições técnicas médias, o peso suportado e de aproximadamente 100 kg por metro quadrado, sendo o peso da estrutura inferior a este valor.

2ª. PARTE

OBJECTO, PROJECTO E ENSINO

TEMA I

O OBJECTO ARQUITECTÓNICO ENQUANTO ARTEFACTO TÉCNICO

“L’opera architettonica dovrà quindi corrispondere a molteplici vincoli e requisiti che si possano raggruppare nelle tre grandi categorie della statica, funzionalità ed economia.

Il soddisfare questi vincoli, l’armonizzarli con l’idea estetica fondamentale o, per meglio dire, il farli diventare termini di linguaggio e mezzi espressivi di essa, costituisce la vera essenza del problema architettonico e una delle principali cause della incomparabile elevatezza e difficoltà dell’architettura.”

Pier Luigi Nervi,
In “Scienza o Arte del Construire”, 1945

Neste primeiro tema analisa-se a influência dos meios técnicos disponíveis (e compreensíveis) e a natureza da sua integração na forma arquitectónica.

Um dos critérios de estudo passa pela análise da diferença entre o conceito de *técnico* e de *tecnológico* no pensamento projectual. Porventura, estaremos perante modos diferentes da acção prática que poderão ter uma relevância distinta na lógica do projecto e na qualidade do objecto arquitectónico.

1 | A natureza do artefacto técnico.

Antes de se iniciar algumas considerações sobre a natureza do artefacto técnico, é essencial caracterizá-lo na sua especificidade. Para isso adopta-se, como princípio, a definição genérica dada por Peter Kroes, elaborada no âmbito de estudos sobre a natureza dos artefactos técnicos provenientes do *design* industrial e das engenharias projectuais:

*“Technical artefacts are objects with technical function and with a physical structure consciously designed, produced and used by humans to realise its function.”*⁷⁵

Neste sentido, os artefactos técnicos respondem a objectivos premeditadamente fixados pelo homem e são definidos como produtos que desempenham uma função técnica imprescindível na criação de qualquer sistema físico artificial – é o caso do objecto arquitectónico.

A aptidão técnica do artefacto depende de determinados instrumentos (cognitivos e materiais) disponíveis ou gerados, ou seja, está vinculada às condições produtivas da sociedade que o elabora (o que, no actual panorama, pode ser substancialmente diferente das

⁷⁵ KROES, Peter – “*Design methodology and the nature of technical artefacts*”, p.294. (Peter Kroes, é professor na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Tecnologia de Delft. Tem desenvolvido trabalho nas áreas de Filosofia e Metodologia do Projecto e lidera um grupo de trabalho sobre a ‘Dualidade da natureza dos artefactos técnicos’).

condições de produção das sociedades que utilizam esses artefactos).

Nessa relação entre meios e fins, a solução técnica, que a matéria toma, resulta de uma conjugação única de três aspectos fundamentais:

- A natureza dos objectivos a que o objecto deve responder (no caso, a função técnica);
- A sua possibilidade construtiva (estrutura física);
- O ambiente geográfico e cultural em que é concebido, fabricado e usado (contexto da acção).⁷⁶

Destas três facetas definidoras da natureza dos artefactos, a primeira, ligada à definição programática, mas sobretudo a segunda⁷⁷, relacionada com os materiais e os sistemas produtivos, constituem campos privilegiados para a actuação da racionalidade científica. O estabelecimento da ‘função’ e da envolvente cultural do artefacto, por sua vez, envolvem no processo conhecimentos e interesses mais próximos da chamada *cultura humanista*, ou seja, esbate a razão de ser do artefacto na diversidade da condição humana.

Pode-se então enquadrar a natureza dos artefactos nas duas grandes áreas de conceptualização do mundo⁷⁸. Por um lado, a que apresenta o artefacto como uma entidade fisicamente ordenada, funcionando segundo relações de causa-efeito; por outro, a que sublinha o facto dele emergir do mundo das ideias, como resultado da faculdade do pensamento em criar representações, símbolos e linguagem. Daí que se possa afirmar que os artefactos têm uma dupla natureza: são objectos físicos, usados para desempenhar determinadas funções, mas também são objectos intencionais, dado terem uma função que os distingue das formas naturais e que emerge do contexto cultural para desempenhar um propósito socialmente definido. Resumindo, os artefactos são objectos físicos mas também são representações conceptuais.

⁷⁶ SIMON, Herbert Alexander – “*The Sciences of the Artificial*”, p.5.

⁷⁷ O termo ‘*estrutura física*’ remete imediatamente para a organização física da matéria, portanto para metodologia baseada em processos analíticos herdados das ciências naturais.

⁷⁸ Por comodidade adopta-se esta divisão, tal como a definiu Charles Percy Snow em 1954 em “*As duas culturas*”, propondo uma clivagem entre cultura científica e cultura humanista. Esta polarização da cultura é bastante discutível porque arrasta simplificações equívocas, mas não deixa de constituir um critério eficaz na descrição de alguns fenómenos.

Conforme detectou Herbert Simon em “*The sciences of the artificial*”⁷⁹, os objectos artificiais são como uma interface entre a organização interna da matéria (*inner environment*) e o contexto onde operam (*outer environment*). Do ponto de vista interno, o artefacto técnico apresenta-se como um sistema físico ‘invisível’ que deve ser analisado e controlado para responder às solicitações externas. Na perspectiva do contexto, a forma do artefacto significa essencialmente uma convergência de intenções, interpretações e conhecimentos, que configuram a natureza do artefacto para além da sua estrutura material, cunhando-a com significado simbólico e representativo.

Interessa analisar mais de perto a natureza do conhecimento de que depende, na sua essência, o ‘*ambiente interno*’ atrás referido.

A estrutura da matéria, escondida para além dos contornos da forma, representa uma espécie de ‘caixa-negra’, somente tornada inteligível por um conhecimento que use como ferramenta, métodos analíticos e redutores; é o que acontece com o pensamento científico⁸⁰ quando aplicado às ciências naturais. Mas para constituir o artificial, a ordem conhecida necessita de ser transformada. Essa é a diferença fundamental ente ciência e tecnologia: a ciência trabalha sobre o natural formulando-o em teorias universais; o conhecimento tecnológico promove a construção de novas realidades técnicas, vinculando a razão científica à construção de artefactos úteis. Para isso acontecer, a tecnologia teve que transformar a metodologia científica num processo mais aberto, holístico e sistémico.

O conhecimento da razão física das coisas libertou a elaboração da *função técnica* da ditadura da ordem natural. A possibilidade de redução e generalização do comportamento físico da matéria a modelos paramétricos, cada vez mais sofisticados, constituirá uma das ferramentas da eficiência do pensamento tecnológico moderno.

O critério de eficácia também leva o conhecimento tecnológico a

⁷⁹ Referido por, KROES Peter – “*Design methodology and the nature of technical artefacts*”, p.291.

⁸⁰ Só uma investigação guiada por uma metodologia sistemática (analítica e experimental), que utilize uma linguagem sintética (como a Matemática), seria capaz de encontrar modelos de comportamento quantificáveis e universais.

uma liberdade para adaptar e misturar porções de conhecimento matemático ou científico, ou quaisquer outros meios, e modificá-los no sentido de fazer um trabalho inventivo. A eficácia da acção fica vinculada ao pragmatismo do funcionamento do objecto e não a possíveis teorias pré-definidas ou a determinados modelos de pensamento. Assim a tecnologia, enquanto actividade prática, é profundamente transformadora, acutilante e potente.

Vale a pena, resumidamente, recapitular o processo histórico que levou a esse poder da ciência e da tecnologia.

As primeiras formas de conhecimento prendem-se com a formação da linguagem; a capacidade de a utilizar e de produzir símbolos fez desenvolver o pensamento mágico, religioso e filosófico, que atingiram rapidamente um patamar de complexidade próximo do actual⁸¹. Ao contrário, como se detectou na primeira parte do trabalho, o pensamento técnico-científico evoluiu mais lentamente. A cumplicidade prática e intuitiva existente entre o homem e o meio físico, como foi estruturada a partir das regras ditadas pela natureza, parece ter contribuído para um adormecimento da componente racional e abstracta da actividade técnica.

Só com a consolidação das ciências aplicadas e o aparecimento do método científico, já no séc. XVII, é que esse conhecimento abstracto integrará, de forma operativa e transformadora, o processo de construção do mundo artificial. A eficácia dos meios utilizados e os resultados obtidos foram tão vigorosos e persuasivos que, hoje, as dinâmicas sociais estão em grande parte amarradas aos poderes da produção tecnológica e industrial.

Perante uma provável radicalização do poder tecnológico, a superação da dicotomia dos modos comportamentais inerentes à cultura científica e à cultura humanista apresenta-se como um campo de trabalho fértil no restabelecimento do equilíbrio histórico perdido entre esses dois modos de intervir na realidade⁸².

⁸¹ MANZINI, Ezio – “*A matéria da invenção*”, p.56.

⁸² Tomas Maldonado é da opinião que a sociedade actual é *hiperindustrial* e não *pós-industrial*. Isso não é um problema meramente terminológico; como esclarece, “*na practica esto significa una radicalización de los presupuestos en que se basa la producción industrial y la modernidad*”. MALDONADO, Tomas – “*¿Es la Arquitectura un Texto?*”, p.78.

A criação do artefacto técnico, sendo tecida numa malha de relações onde se combinam conhecimentos oriundos das várias zonas do saber, pode constituir um exemplo desse equilíbrio. Enquanto interface entre ideia e matéria, o artefacto corresponde, no essencial, a uma criação híbrida onde está presente uma intenção de homeostasia, que repõe o saber prático como um sistema solidário. Esta constatação é importante porque atesta a presença inevitável de saberes de origem distinta que devem convergir no acto de criação e produção dos artefactos.

A comunhão desse momento de síntese apresenta, por vezes, contradições e intolerâncias que demonstram na essência “*las diferentes posiciones acerca de la manera de afrontar la adquisición, el desarrollo y la profundización del saber. Aludo, por ejemplo, a la tendencia a privilegiar el arquetipo del especialista en el área técnico-científica y del generalista en el área humanista*”⁸³. Mas, como no ser humano, o racional, o empírico e o técnico nunca anulou o simbólico, o mítico, o mágico e o poético⁸⁴, o artefacto técnico representará sempre essas duas presenças da mesma unidade.

2 | A questão da técnica e da tecnologia em arquitectura.

O progressivo domínio dos meios tecnológicos na sociedade contemporânea tem dado origem a uma vasta produção teórica, que se espalha pelas mais diversas áreas do conhecimento humano. Uma das consequências imediatas é a ampliação dos próprios significados de *técnica* e de *tecnologia*, o que tem incrementado generalizações, por vezes redutoras do verdadeiro sentido dos fenómenos que estão associados

No caso particular da arquitectura, quando se compara o *técnico* com o *tecnológico*, repara-se numa sistemática conotação do adjectivo *tecnológico* com uma modernidade maior do objecto afectado – o que não é, como se advinha, nem condição necessária, nem sequer

⁸³ Ibidem, p.79.

⁸⁴ MORIN, Edgar – “Os sete saberes para a educação do futuro”, p.64.

suficiente, para garantir essa característica ‘moderna’⁸⁵.

Deste modo, torna-se aconselhável a definição de um quadro de referência estável, sobre o qual se possa projectar algumas diferenças estruturantes. Recorreu-se a uma definição dada por Vittorio Gregotti, num contexto directamente relacionada com a produção em Arquitectura:

“[...] se per tecnica si intende l’insieme delle procedure e dei mezzi per la produzione artistica ed industriale, per tecnologia si intenda la formalizzazione in regole di quelle procedure ed il loro trattamento scientifico”.⁸⁶

Por conseguinte, aplicado à materialização do objecto arquitectónico, o conceito de *técnica* refere-se a uma quantidade de meios heterogéneos combinados de forma particular para objectivar, num espaço e num tempo precisos, uma forma singular. A *tecnologia*, por oposição, remete essa acção produtiva para processos mais controlados e uniformizados; para uma possibilidade de instrumentalização do conhecimento.

Na quinta lição de arquitectura – “*A dimensão técnica da projectação*” – Ludovico Quaroni, sobre a concretização da ideia arquitectónica, repara que essa passagem do conceptual para o físico “*depende da dimensão tecnológica do próprio projecto, ou seja da concreção da ideia espacial e projectual numa estrutura resistente e de protecção*”⁸⁷. No entanto, em nota de rodapé, o arquitecto italiano precisa que o termo ‘tecnologia’, pelo significado “*politico degenerado, pouco aceitável para nós [arquitectos]*”, deveria ser substituído pelo de *técnica*. Qual é então essa diferença fundamental?

Até ao limiar da Revolução Industrial, a prática da arquitectura era na sua essência uma actividade unitária sendo disso sinónimo a coesão existente entre matéria, trabalho e conhecimento. Contudo, em prol da

⁸⁵ Em arquitectura, o ser moderno (no sentido de contemporaneidade) revela uma condição intemporal independente do tipo de uso dos meios produtivos existentes, bem expressa nas palavras de Ignasi de Solà-Morales: “[...] *la arquitectura tiene un cometido preciso: hacer de las condiciones ya dadas de cada lugar palabras que signifiquen las cualidades de la existencia, y que desvelen la riqueza y los contenidos que en ellas se contienen potencialmente*”. SOLÀ-MORALES, Ignasi de – “*Diferencias: Topografía de la Arquitectura Contemporánea*”, p.106.

⁸⁶ GREGOTTI, Vittorio – “*Elogio della tecnica*”, p.14.

⁸⁷ QUARONI, Ludovico – “*Proyectar un Edificio: Ocho Lecciones de Arquitectura*”, p.97.

nova racionalidade produtiva, a partir daí esses três factores serão separados.

O conceito de eficácia, que não existia nas culturas arcaicas, passará a ser a norma que ocupará o lugar central no sistema conceptual moderno do desenho de edifícios. A procura do máximo benefício com o mínimo de custo constituirá a regra catalizadora de um conjunto de meios, até então dispersos e autónomos, que despoletará o processo de industrialização característico da cultura ocidental moderna.

Neste contexto, a acção técnica, fortemente empírica, será gradualmente afectada pelo conhecimento tecnológico, que aliará a ciência à produção, fornecendo instrumentos vantajosos para atingir os critérios de eficácia.

Durante o séc. XX, a concomitância entre uma sociedade ansiosa pelos benefícios da industrialização e um sistema produtivo inventivo e astuto, foram criando uma amálgama de interesses que transformou o projecto de arquitectura numa actividade fortemente amarrada à área de influência da *tecnologia*.

Esse facto determinou novas formas de construir, novos programas e foi tema de inspiração ‘ideológica’. São vários os exemplos que atestam esse tipo de presença no organismo arquitectónico: o conceito de *máquina*, tomado da indústria automóvel e aeronáutica, constituiu um dos motes doutrinários do Movimento Moderno; mais tarde, o grupo britânico *Archigram* e os *Metabolistas* japoneses, dos anos sessenta, fantasiaram o tema da cidade Pós-Industrial e ficcionaram as novas tecnologias electrónicas, as mega-estruturas, os processos de pré-fabricação, formalizando esse aparato tecnológico em soluções que haveriam, diziam, de responder a uma sociedade de consumo demograficamente incontrolável; também o movimento *High-Tech*, ainda hoje brilhante nas suas superfícies metálicas, transforma em reportório arquitectónico as imagens originárias da sofisticada tecnologia aeronáutica, ao mesmo tempo que integra sistemas informatizados de controlo ambiental.

O crescente poder da tecnologia sobre a sociedade, em particular sobre a cultura arquitectónica, aconselha uma atenção sobre os seus mecanismos e as formas de controlo e adequação. Um caso a reter é exactamente a popularidade do fenómeno enumerado no fim do último parágrafo – a tendência para o uso das tecnologias de ponta (materiais,

processos e conhecimentos) na configuração da forma arquitectónica.

A denominada arquitectura de *'bata branca'* utiliza uma evidência técnica e económica que cria um equívoco mecanicista que faz corresponder, *a priori*, uma boa construção a uma boa arquitectura. Como refere, a esse propósito, Solà-Morales, *"En ella se consuma la felicidad completa"*⁸⁸, conotando a utilização de certos meios tecnológicos com uma demagogia do projecto que assume contornos populistas.

A crescente atracção pelas características *High-Tech* da arquitectura leva também, muitas vezes, a uma desatenção projectual pelo sentido tectónico e regional da arquitectura. Sobre o prodígio *High-Tech* e o esquecimento dessa expressividade e qualidade técnica inerente à massa inerte e grave dos elementos, escreveu Ignacio Paricio no texto *"Ligereza e liviandade"*:

"Sin embargo, hoy prima la liviandad, quizás como quiere Ítalo Calvino eso suponga necesariamente una negación de la calidad de lo tectónico, «...daré las razones de mi preferencia por la levedad. Eso no quiere decir que considere menos válidos las razones del peso, sino que sobre la levedad tengo más cosas que decir... tratare de explicar porqué he llegado a considerar la levedad mas como un valor que como un defecto».

Pero el mismo Calvino cita a Kundera para señalar que «todo lo que elegimos por ser leve no tarda en revelar su propio peso insostenible». En nuestro mundo es evidente que determinados usos de materiales ligeros como las chapas pueden producir edificios pesados, anclados en el suelo y absolutamente opuestos a esa deseable imagen de la levedad. Pesada puede ser la High-Tech cuando es torpe y vanamente exhibicionista."⁸⁹

Outro facto do poder tecnológico revelado pela arquitectura *High-Tech* é a utilização da inovação tecnológica como fim expressivo. A aparente verdade tecnológica expressa na forma construída constitui um modelo morfológico facilmente reconhecível. Este entendimento conduziu a um dos mais fortes fenómenos contemporâneos de globalização da arquitectura. Não é pois de estranhar o aparecimento de contradições entre as exigências de altos níveis de organização laboral e

⁸⁸ SOLÀ-MORALES, Ignasi de – *"Diferencias: Topografía de la Arquitectura Contemporánea"*, p.143.

⁸⁹ PARICIO, Ignacio – *"Construcciones para iniciar un siglo"*, p.72.

de eficiência técnica e a realidade construtiva onde o edifício se insere. A questão da construção e da manutenção da forma arquitectónica enquanto processo sustentável (económica, energética e ecologicamente) é constantemente subalternizado em relação a uma imagem que se alimenta de sistemas e materiais controlados por conhecimentos especializados.

O fenómeno *High-Tech* ilustra bem a contaminação da cultura construtiva sofrida pela racionalidade tecnológica. Na prática, ela demonstra uma propensão em incluir o factor tecnológico na concepção e na construção da forma arquitectónica.

Apesar do papel transcendental do tecnológico na prática construtiva, a produção de edifícios continua a albergar modos de fazer e de pensar exteriores às dinâmicas da tecnologia. A presença desses métodos de actuação, associados sobretudo a práticas empíricas artesanais, insinuam-se de diversas formas na cadeia de acontecimentos que marcam o aparecimento da obra. Sintoma disso, é o exemplo da expressão '*regras da arte da boa construção*', empregue em alguns documentos de obra ao lado das mais modernas linguagens técnico-científicas. A estranheza da situação, quase provocatória, advém, essencialmente, de no mesmo sistema coexistirem práticas herdadas de saberes empíricos e produtos, normativas e conhecimentos técnicos vinculados à produção tecnológica.

Esta relação de boa vizinhança é permitida porque a '*arte de bem construir*' assenta num percurso histórico, estável e contínuo, de acumulação heterogénea de conhecimentos, ainda fundamental à qualidade e à confiança social no objecto construído.⁹⁰

A denominada *tecnologia da edificação*, apesar de ter como ferramenta operativa a metodologia científica, por constante necessidade regenerativa nunca excluiu a influência de outros saberes.

Na construção de edifícios, o *tecnológico* imiscui-se com o *técnico*, albergando tanto uma visão hierarquicamente ordenada do mundo como

⁹⁰ Ainda hoje é relativamente vulgar encontrar desautorizações à competência de técnicos especialistas em favor das opiniões de artificies ou operários cuja experiência profissional seja reconhecidamente meritória.

um pragmatismo que comporta muitas vezes desvios indeterminados⁹¹. É nesta fronteira que se situam muitas das possibilidades de renovação técnica e expressiva da Arquitectura.

Assim é fundamental considerar o *técnico* oposto ao *tecnológico* naquilo que lhe é ainda único: a liberdade, às vezes momentânea, de fugir ao controle científico institucionalizado – e no retorno – influenciar o próprio conhecimento tecnológico. Esse fenómeno pode ser exemplificado através das histórias de alguns produtos-símbolo da tecnologia, possíveis graças a processos de adopção e de adaptação de situações estranhas à racionalidade científica. Um desses exemplos é dado pela tecnologia dos sistemas estruturais: as estruturas tridimensionais ou o betão armado⁹², simbolizam actividades que começaram fora do contexto científico mas que, rapidamente, foram tomadas por ele e levadas a um grau de abstracção que só uma especialização do saber é capaz de fazer.

Os meios hoje utilizados na construção de edifícios são diversos e de natureza instável: actividades suportadas tanto por saberes empíricos como por conhecimentos científicos procedentes das ciências aplicadas; máquinas e matérias-primas oriundas dos mais díspares e variados ramos industriais; sistemas de organização do trabalho que ainda balancam entre as arcaicas estruturas familiares e as modernas empresas multinacionais; muitos outros, híbridos, incontroláveis, decorrentes do forte pragmatismo que sempre está por trás da elaboração desses artefactos.

No entanto, a forma arquitectónica tende a ser dominada pela malha de produtos e interesses provenientes da tecnologia. A influência exercida recai sobre várias áreas directamente envolvidas na constituição do objecto de arquitectura: a alteração funcional da habitação e do conceito de conforto dos espaços; a organização do

⁹¹ PETERS, Tom F. – “*Proceedings of the First International Congress on Construction History*”, p.1630.

⁹² Veja-se o caso do betão armado, cuja história se confunde com a própria história da Engenharia de Estruturas. Joseph Monier (1823-1906), jardineiro francês, construtor de vasos quadrangulares de madeira para laranjeiras, saturado com o rápido apodrecimento dos recipientes, decidiu a partir de 1849 construí-los, embebendo uma simples rede de varões de ferro em betão corrente. Dizem ter sido inspirado pela resistência que a terra adquiria quando continha raízes entrelaçadas.

trabalho da acção produtiva; desenvolvimento de novos materiais e de novos sistemas construtivos; a introdução de critérios de sustentabilidade e normalização; as inovações ao nível das tecnologias de climatização, de equipamentos domésticos e das exigências (sociais) de segurança contra incêndios, de acessibilidade, de salubridade e de eficiência energética. Essa influência também representa um conjunto de meios expressivos utilizável na linguagem da arquitectura.

A sensibilidade (ou o oportunismo) projectual relativa aos meios oferecidos pela tecnologia tem colaborado na transformação radical (ou superficial) de algumas tipologias e morfologias arquitectónicas. Portanto, a função da tecnologia no pensamento arquitectónico será tudo menos neutral. Como havia aconselhado, em 1960, Reyner Banham:

*“The architect who proposes to run with technology knows now that he will be in a fast company, and that, in order to keep up, he may have to emulate the Futurists and discard his whole cultural load, including the professional garments by which he is recognized as an architect. If, on the other hand, he decides not to do this, he may find that a technological culture has decided to go on without him.”*⁹³

Perante esse poder tecnológico, assiste-se a uma desmultiplicação de atitudes projectuais que tendem a encontrar estratégias particulares para incorporar os meios disponibilizados na construção da linguagem arquitectónica. Para concluir pode-se enumerar dois procedimentos extremos que balizam essas posturas e que são visíveis no panorama da produção contemporâneo:

- O contágio pelos meios tecnológicos disponibilizados sem primeiro haver uma posição crítica sobre a sua validade na ideia arquitectónica;
- A procura de um senso-comum patente nas construções vernaculares e nalguns edifícios modernistas, como reacção a possíveis excessos e absurdos.

Depois de afirmar que a essência da técnica é qualquer coisa de não técnico, Vittorio Gregotti conclui:

⁹³ BANHAM, Reyner – “*Theory and design in the first machine age*”, p.330.

“Nostro scopo è di instaurare un rapporto libero con essa, e questo non si raggiunge considerando la tecnica come qualcosa di neutro (atteggiamento che ci rende ciechi, che ci consegna ad essa nel peggiore dei modi) o feticizzandola come espressione distinta dai fini, ma, al contrario, prendendo coscienza della sua essenza e collocandoci quindi, rispetto al senso dell’operazione stessa.”⁹⁴

Uma visão equilibrada sobre a questão da técnica não passa exclusivamente pela exploração das possibilidades dos novos sistemas e materiais de construção oferecidos pela tecnologia; significa antes, saber implementar na estratégia do projecto mecanismos que integrem as várias forças presentes no processo num organismo coerente. Isso não parece estar a acontecer nalgumas tendências da arquitectura contemporânea, as quais sugerem uma reedição da parcialização da *venustas* e da *firmitas*, tal como havia ocorrido durante o séc.XIX.

3| O conceito de *techné* e o papel da função estética.

Anteriormente, fez-se a distinção entre *técnica* e *tecnologia*. Ao saber prático do arquitecto, um saber ainda de génese artesanal⁹⁵, é-lhe mais próximo o conceito de *técnica*. Uma das possibilidades dessa maior cumplicidade deve-se ao facto da noção remeter directamente para o fenómeno da obra. Outra remete para a presença da noção de arte, *a arte da construção*, mas também para a condição estética da obra de arquitectura.

Neste sentido, é pertinente recordar o princípio etimológico do termo *técnica* – *techné* – pois ele compreendia uma osmose da arte e da ciência com o saber prático. Por sua vez o termo que lhe sucedeu,

⁹⁴ GREGGOTTI, Vittorio – “*Il territorio dell’architettura*”, p.160.

⁹⁵ Mesmo o arquitecto que inclua no seu processo de trabalho conhecimentos de Física e utilize computadores, o seu ofício continua a ser dominado pela lógica artesanal: “*A obra de alguém que não separa o trabalho da mente do trabalho da mão – supõe um processo circular que nos leva de uma ideia a um desenho, de um desenho a uma experiência, de uma experiência a uma construção e desta, outra vez à ideia inicial*”. Renzo Piano in *Process Architecture*, nº700.

technē poiētikē (cuja afinidade semântica com o termo “técnica poética” são quase directas), significava aquilo a que hoje chamamos de *arte*. Portanto as origens da noção de *técnico* são partilhadas pelo sentido de *arte*.⁹⁶

Vejamos a definição de *technē* dada por Richard Parry na enciclopédia de filosofia da universidade de Stanford:

*“Techné is a disposition that produces something by way of true reasoning; it is concerned with the bringing into existence of things that could either exist or not”.*⁹⁷

No artigo intitulado “*Creativity in the Shadow of Modern Technology*” Dalibor Vesely explica:

*“Technē, once known, superseded spontaneous knowledge and intuitive skills, which required a close contact with tasks and objects but could lead to the discovery of what was common and permanent in all of them. This emancipated knowledge teaches us a general lesson about things and can be used without direct reference to the things themselves. As a project of what can be known, technē relies on accumulated experience but elevates it to a priori knowledge that can be taught”.*⁹⁸

A ideia denotada no termo grego parece combinar numa apetência artesanal um conhecimento técnico, artístico e, de certo modo, científico. Esta unidade tende a perder-se num processo produtivo cada vez mais dominado por actividades autónomas. Mas, no caso da arquitectura, o entendimento da prática projectual enquanto acção artística e artesanal remete o artefacto arquitectónico para uma construção equilibrada entre funções técnicas e expressivas.

À pergunta sobre a possibilidade da transformação da arquitectura em arte Renzo Piano responde:

“L’artista è colui che riesce a padroneggiare una technē e riesce ad usarla per realizzare il suo obiettivo, che è l’arte. L’architetto attinge ciò che è utile dalla storia e lo trasforma in qualcosa di nuovo: è quello qui fanno gli artisti. Ma l’architettura è un’arte di frontiera perché è continuamente

⁹⁶ VESELY, Dalibor – “*Architecture in the Age of Divided Representation: the question of creativity in the shadow of production*”, p. 287

⁹⁷ PARRY, Richard, “*Episteme and Techné*”, Stanford Encyclopaedia of Philosophy.

⁹⁸ VESELY, Dalibor, op.cit., p.286.

contaminata da mila cose, é fecondata da mille espressioni artistiche che appartengono ad altre discipline. Tutto serve per fecondare l'architettura. Per questo ho scelto di mescolare le discipline come fa un pittore con i colori della tavolozza. Io non cerco la differenza tra le arti e le scienze, cerco la similitudine, non cerco le dissonanze ma le assonanze".⁹⁹

A arquitectura enquanto arte – ‘a arte pública do saber-fazer’ – remete o conceito de artefacto técnico para um sistema de valores que o enquadra numa acção *estética*¹⁰⁰.

Na forma arquitectónica a função estética é um objectivo intencional, estruturado e pré-determinado. Isso não acontece noutras actividades, por exemplo, no desenho de máquinas, onde a função estética é induzida casuisticamente no observador.

No caso das acções que não têm como objectivo primário e estruturador a função estética, a orientação funcional é a mais unívoca possível, pois todo o processo é montado numa lógica de eficácia, que é tanto mais operativa quanto mais estrito for o objectivo. Um retrato desta situação, ainda que absurdo, pode ser o associado à utilização de meios informáticos para definir os sistemas estruturais arquitectónicos. São hoje utilizados programas de cálculo e modelação estrutural, desenhados por defeito, para conceber soluções estruturais adequando a solução técnica ao princípio da economia de meios. Se a informação não fosse tratada, moldando a solução estrutural a outras exigências de qualificação do espaço arquitectónico, igualmente decisivas e adaptáveis, o mais provável era obtermos um corpo funcional e formalmente desequilibrado.

Pode-se ainda comprovar o papel integrador da função estética nos artefactos que devem responder a mais que um objectivo funcional. Isso torna-se claro nas palavras de Ludovico Quaroni quando aporta a tríade vitruviana à condição moderna da arquitectura:

⁹⁹ PIANO, Renzo – “*La responsabilità dell'architetto*”, p.15.

¹⁰⁰ O termo ‘*estético*’, deve ser associado ao que Bruno Munari chama *estética da lógica*: forma resultante de uma preocupação na qual os distintos aspectos dos objectos resultam num todo lógico e harmonioso, com as suas componentes a estabelecerem entre si uma relação dimensional, material, dinâmica e estrutural. MUNARI, Bruno – “*Artista e Designer*”, p.117.

“[...] e finalmente diremos que estas duas operações [firmitas e utilitas] devem ser colocadas em acordo, servindo-se das capacidades de controlo proporcionadas pela «cultura» arquitectónica, que tende a que a utilidade e a resistência anulem a suas incompatibilidades recíprocas e ainda a sua identidade original para transformar-se, simples e intimamente fundidas, naquilo que se chama arquitectura, ou seja, a resultante estética (venustas).”¹⁰¹

O artefacto técnico quando submetido ao domínio da função estética (*venustas*) impede, pois, que tanto a função técnica (*firmitas*) como a programática (*utilitas*) possam dominar e criar desproporções funcionais. Assim a função estética permite a constituição do artefacto como organismo equilibrado quanto às diversas funções a desempenhar.

Jan Mukarovsky escreveu que o papel da função estética¹⁰² é imprescindível no pensamento artístico porque desempenha um certo contrapeso e antítese a outras funções¹⁰³.

No texto que a seguir se transcreve deste autor, verifica-se como a função estética induz processos de síntese essenciais à criação do objecto arquitectónico. Em certa medida, o problema atrás levantado por Tomas Maldonado, sobre a convergência de interesses divergentes necessários à construção dos artefactos contemporâneos, encontra também aqui um contraponto de discussão:

“O seu predomínio [da função estética] consiste em criar um contrapeso às funções extra-estéticas, não permitindo a nenhuma delas reprimir as demais, organizando as relações e

¹⁰¹ QUARONI, Ludovico – “Proyectar un edificio: ocho lecciones de arquitectura”, p.18.

¹⁰² A função estética em Jan Mukarovsky é construída da seguinte forma: “O signo estético alude a todas as realidades que o homem já viveu ou pode vir a viver, a todo o universo das coisas e processos. O modo como se percepção o objecto focado pela atitude estética, ou seja, o objecto que se converteu em portador da função estética, indica uma determinada orientação na maneira de ver a realidade em geral. [...] Por mais restrito que seja o sector da sociedade que representa, e até quando não representa absolutamente nada, é inerente à obra artística como signo estético a possibilidade de aludir à realidade no seu todo e de exprimir e alcançar a relação do homem com o universo”. MUKAROVSKY, Jan – “Escritos de Estética y Semiótica del Arte”, p.147 e 148.

¹⁰³ Jan Mukarovsky, define quatro atitudes basilares do homem frente ao mundo que o rodeia: a prática, a teórica, a mágico-religiosa e a estética. Apesar de, nos objectos concebidos pelo homem, nenhuma destas formas de tratamento da realidade dominarem exclusivamente, considera que, em certos artefactos, a função prática funciona como catalizadora das outras (quando existem).

Jan Mukarovsky, filósofo checo que viveu entre 1891 e 1974, desenvolveu o seu pensamento à volta dos conceitos fundamentais da linguística, levando para o campo da análise artística uma teoria semiótica da cultura em sentido alargado.

*tensões mútuas, com o fim de fazer ressaltar claramente a multiplicidade de funções concentradas num único objecto, no nosso caso uma obra de arte. [...] A razão de ser da arte relativamente às outras actividades do homem vem dada precisamente pelo facto que a arte não está orientada para nenhum objectivo unívoco: desde o ponto de vista funcional, a sua tarefa é a de libertar a capacidade de descobrir do homem da influência esquematizante e amarradora da prática da vida, fazer tomar consciência ao homem, uma e outra vez, do facto que a quantidade de posturas activas que pode adoptar frente à realidade são tão inesgotáveis como o carácter multifacetado da realidade, encoberto pela fechada hierarquia de funções de orientação única”.*¹⁰⁴

No mesmo texto, Mukarovsky afirma que quanto maior for a tensão polarizante entre a multifuncionalidade que alimenta a função estética e a unifuncionalidade procurada pelas outras, maior será a intensidade da obra em questão. A obra de arte baseia-se pois em contactos recíprocos contínuos com os vários interesses da vida, que funcionam como impulsos exteriores; a resultante desta acção comum não é ditada particularmente por nenhuma das forças presentes, é antes uma síntese ponderada de todas.

Como se verá no tema seguinte, quando se tratar da multi e interdisciplinaridade do projecto em arquitectura, a atitude estética parece ser de importância estratégica para o pensamento arquitectónico numa época de fragmentação disciplinar acentuada. Recordemos que a função estética introduz também na actividade projectual do arquitecto a questão da ética profissional.

¹⁰⁴ Ibidem, p.236, 237 e 251.

TEMA II

O SABER TÉCNICO NO PROJECTO: ENTRE A INVENÇÃO E A CRIAÇÃO

“De facto, em todo o artista ou técnico, o princípio da continuidade de energia confunde-se com a busca da felicidade e da morte. Esta busca também está ligada, em arquitectura, ao material e à energia, e, sem acautelar tal coisa, não se pode compreender nenhuma construção, nem nos seus aspectos técnicos, nem nos compositivos.”

Aldo Rossi
in “Autobiografia Científica”, 1984.

No tema anterior traçaram-se algumas considerações sobre os dispositivos tecnológicos e o seu enquadramento na Arquitectura, reduzindo o objecto arquitectónico à sua função técnica, ou seja, ao seu estatuto de artefacto técnico. Perante a presença do conhecimento tecnológico procura-se agora perceber o funcionamento do processo que leva à materialização desse artefacto.

Para isso serão hierarquizadas algumas questões essenciais na compreensão da mecânica projectual. O ponto de partida passa por descrever, à luz das implicações do conhecimento tecnológico, o significado da praxis do saber do arquitecto contemporâneo.

1 | O Projecto: entre a criação e a invenção.

No livro *“An Engineer Imagines”*, Peter Rice distingue entre o ofício do engenheiro e do arquitecto declarando que, *“The architect’s response is primarily **creative**, whereas the engineer’s is essentially **inventive**”*¹⁰⁵. O autor prossegue precisando que a distinção entre a invenção e a criação é a chave para entender a natureza de cada um na ‘construção’ do projecto: o arquitecto é motivado por considerações pessoais enquanto o engenheiro dirige os seus esforços para transformar o problema num sistema onde as propriedades estruturais da matéria, ou outras quaisquer, impessoais, possam ser expressas. Esta ideia é análoga à que está implícita nas palavras de Le Corbusier escritas setenta anos antes: *“O engenheiro, inspirado pelas leis da economia, e guiado pelo cálculo, põe-nos de acordo com as leis do universo. Alcança a harmonia. - O arquitecto, pela disposição das formas, realiza uma ordem que é pura criação do seu espírito”*.¹⁰⁶

¹⁰⁵ RICE, Peter – *“An Engineer Imagines”*, p.74.

Peter Rice foi um dos proeminentes engenheiros do escritório *Ove Arup*; sociedade de engenharia que acompanhou algumas das obras emblemáticas da arquitectura do séc.XX. Até ao ano do seu desaparecimento (1992) Peter Rice colaborou intensivamente com o arquitecto Renzo Piano, nomeadamente na obra projectada em co-autoria com arquitecto Richard Rogers – o edifício do Centro Pompidou, em Paris. A participação do engenheiro na obra de Renzo Piano, como o próprio declarou por diversas ocasiões, foi sempre conceptualmente determinante.

¹⁰⁶ LE CORBUSIER – *“Hacia una Arquitectura”*, p.3.

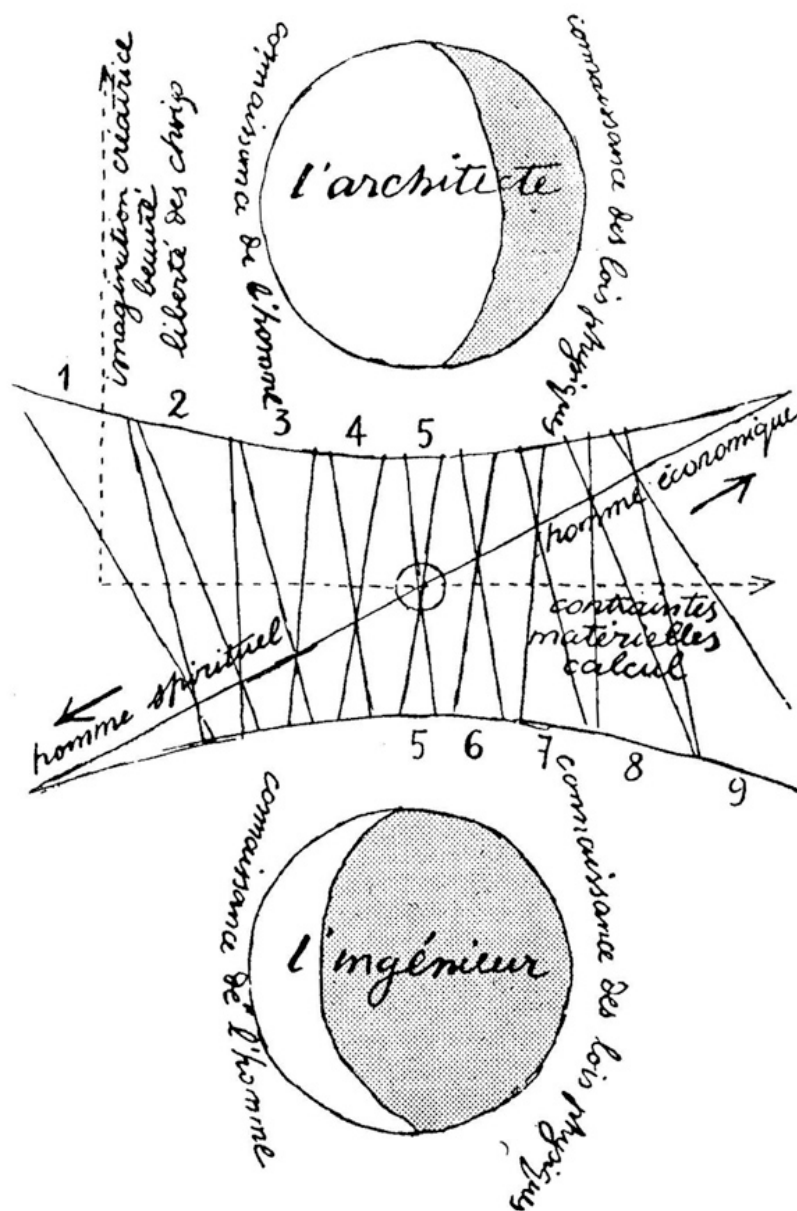


FIGURA 8.: Símbolo do grupo A.S.C.O.R.A.L., “Assembly of constructors for Architectural Renovation”. O diagrama de Le Corbusier representa a actuação do binómio Arquitecto/Engenheiro.

Nestes dois registos sobre as profissões de arquitecto e de engenheiro, nota-se uma sintonia em relação aos distintos modos de operar a realidade – tal como é sintetizado no quadro elaborado por Le Corbusier [FIGURA 8], o ponto de encontro entre o lado criador e irracional, protagonizado pelo arquitecto, e a face pragmática e racional do pensamento do engenheiro, deveria constituir o momento decisivo na constituição da qualidade do objecto construído.

Quando anteriormente, sobre o carácter técnico do objecto arquitectónico, se concluía que ele emergia da matéria pelo encontro de duas esferas de conceptualização da realidade – a evidência científica e a interrogação ontológica – encontra-se agora, pela parte dos seus dois manipuladores, essa mesma constatação.

Portanto, entende-se que a arquitectura, para tornar operativos os meios técnicos que a sociedade põe ao seu dispor, depende claramente da organização de dispositivos cognitivos capazes de gerir e adequar os saberes autónomos, cada vez mais especializados, que formam a tecnologia da edificação. A qualidade do saber construtivo do arquitecto, fundamental à estruturação da ideia, ao desenvolvimento do projecto e ao controlo da obra, implica que as diversas linguagens e os interesses veiculados pela tecnologia sejam sintetizados numa racionalidade mínima comum, que conduza à praticabilidade do projecto. Sobre esta realidade da actividade prática, podem colocar-se duas questões: a primeira é sobre a ‘domesticação’ de conteúdos que se tornaram extremamente abstractos; a segunda diz respeito à construção de uma linguagem simplificada que permita dialogar com esses conhecimentos.

Não há dúvida que o cérebro humano, apesar de dividido em dois hemisférios com características antagónicas, é uno. O facto da organização do trabalho e do conhecimento promoverem a clivagem entre os dois hemisférios demonstra somente um dos caminhos que foi encontrado para proceder a aperfeiçoamentos sectoriais da razão e para provocar altos níveis de eficácia da acção produtiva. A esse caminho trilhado principalmente pela sociedade ocidental sempre foi colocado uma questão que agora se torna clara:

“De facto a hiper-especialização impede ver o global (que fragmenta em parcelas) assim como o essencial (que dissolve).”

Ora os problemas essenciais nunca são parcelares e os problemas globais são cada vez mais essenciais. [...] Ao mesmo tempo, o recorte das disciplinas torna incapaz o ajuizar «do que é tecido em conjunto», ou seja, segundo o sentido original do termo, o complexo. [...] Com efeito, existe complexidade quando são inseparáveis os componentes diferentes constituindo um todo (como o económico, o político, o psicológico, o afectivo, o mitológico) e que existe tecido interdependente, interactivo entre as partes e o todo, o todo e as partes.”¹⁰⁷

O saber do arquitecto – a ciência do projecto – faz parte do que Edgar Morin chamou *pensamento complexo* ou transversal. Aliás a definição acima descrita coincide em muito com as palavras de Fernando Távora proferidas em 1962:

*“É também cómoda e frequente a afirmação de que há que caminhar do geral para o particular, ainda que não menos verdadeiro; caminhemos, sim do geral para o particular mas que o estudo do geral não invalide o estudo do particular, pois que um não pode viver sem o outro por indissociáveis e a dificuldade está exactamente no equilíbrio sábio e harmónico destes extremos, aparentemente opostos mas realmente complementares”.*¹⁰⁸

É de referir que o projecto, enquanto processo criativo aberto, para fazer frente à complexidade e diversidade dos problemas que o fenómeno arquitectónico hoje coloca, deve deter-se preferencialmente nas relações entre o todo e as partes. Avaliar a natureza e a malha de relações entre o que é objecto da síntese e o seu objectivo não só corresponde a uma necessidade teórica referente à correcta compreensão do objecto em estudo, como também a uma necessidade prática e concreta do arquitecto. Assim, recorrendo ao mundo do *design industrial*, fixamos uma possível definição de projecto que interessa particularmente endereçar à crescente complexidade da matéria e do conhecimento tecnológico que lhe está associado:

“Com efeito, projectar significa ser capaz de passar dos elementos constituintes para o todo e ainda fazer o percurso no sentido inverso, sem perder de vista a riqueza das relações, o potencial sinérgico que faz a ponte entre os dois níveis. A descoberta da complexidade que a nova matéria gera não deve

¹⁰⁷ MORIN, Edgar – “Reformar o pensamento”, p.14.

¹⁰⁸ TÁVORA, Fernando – “Da organização do espaço”, p.31.

necessariamente resultar numa rendição face ao indomável imbricamento de relações que caracteriza o sistema. Significa sim movermo-nos no seu interior, com a perfeita consciência de que os modelos que construímos são válidos na medida em que «funcionam» relativamente a um determinado programa.»¹⁰⁹

No nosso país, se exceptuarmos os edifícios de grande escala ou as situações procuradas (as quais podem ser um acto de inteligência ou de ignorância), a preponderância da ‘hiper-especialização’ tecnológica (os seus materiais e os seus meios) não é ainda muito notada. Mas o que se quer aqui apresentar é uma situação de tendência, fortemente conotada com alguns movimentos internacionais e pertinente no ensino, uma vez que faz parte do material de trabalho dos alunos.

De qualquer forma, por si só, os vários saberes especializados não são um dos dados do problema que o arquitecto tem de dominar antes de iniciar o trabalho. No estado actual de alastramento e complexidade técnica do artefacto arquitectónico, a existir esse requisito antes da formação de um quadro conceptual minimamente estabilizado, o que provavelmente aconteceria, seria um estado de esquizofrenia total, tal o número quase infinito de conhecimentos que intervêm no projecto. Mesmo durante a fase projectual, numa situação normal, as matérias especializadas podem ser geridas através de mecanismos de simplificação de linguagem, comparável ao que se passa na informática com a interface ‘windows’ que encobre a plataforma ‘ms-dos’.

O projecto como *pensamento complexo* significa uma *representação* aberta dos problemas, com uma estrutura cognitiva que permite reajustamentos contínuos. A qualidade do processo projectual residirá na qualidade dessas representações, pelo modo como elas tornam compreensíveis os problemas sem, no entanto, anularem a possibilidade de interagir com outras representações e com o que é representado.¹¹⁰

Voltando à citação inicial de Peter Rice: a distinção entre *criação* e *invenção* servirá para identificar modos diferenciados de actuação perante a realidade.

¹⁰⁹ MANZINI, Ezio – “A matéria da invenção”, p.65.

¹¹⁰ Ibidem, p.66.

Uma característica comum a todos os homens é a sua fantasia para conceberem coisas a partir do que conhecem, nem que seja somente imagens mentais. Assim, qualquer um é livre de fantasiar sobre aquilo que quiser, independentemente disso conduzir à construção de um bem socialmente útil. Uma das técnicas que a fantasia usa é a **analogia**; o poder de estabelecer relações semelhantes entre coisas diferentes e com isso construir uma nova realidade. A fantasia é específica da condição humana e é determinante nos processos cognitivos presentes na elaboração de artefactos. A fantasia é fundamental quer ao conceito de *invenção* como ao de *criação*.

A fronteira entre a fantasia pura e o espírito inventivo é muito ténue e só é possível detectá-la porque o inventor tem como objectivo preciso, dar uma utilização prática àquilo que pensa, ou seja, constrói um *pensável-possível*¹¹¹. Portanto os artefactos técnicos, conforme antes definidos, são fruto de um pensamento inventivo, pois cumprem inequivocamente objectivos práticos através da função técnica com que estão investidos. No entanto quem inventa, imbuído no sentido prático do novo, condenado a cumprir cegamente o objectivo técnico, não demonstra uma intencionalidade estética voluntária: a acontecer será qualquer coisa acrescentada à função técnica, uma decoração, ou então é fruto de uma intuição natural¹¹².

Outra forma de pensar o possível, que acrescenta à *invenção* a intenção estética, é a *criação* – havíamos referido no capítulo anterior este facto e chamado à atenção para o papel de síntese da função estética.

A criatividade é usada no processo projectual da arquitectura como um modo de pensamento/conhecimento que, utilizando a liberdade da fantasia e a exactidão da invenção, sintetiza todos os aspectos de um problema: programáticos, materiais, expressivos¹¹³.

Outra diferença importante na qualidade do acto criativo é a presença incondicional de restrições de vária ordem. A simbologia

¹¹¹ Termo utilizado por Ezio Manzini para sintetizar o carácter projectual do pensamento prático. Ou, como refere Fernando Távora: “*a forma que realiza com eficiência e beleza a síntese entre o necessário e o possível*”. TÁVORA, Fernando – “*Da organização do espaço*”, p.86

¹¹² Abre-se aqui uma excepção: o projecto de pontes e estruturas especiais, as quais denotam uma intuição estrutural parecida com a artística; embora processando o desenho através de metodologia científica. Dá-se como exemplo paradigmático a obra de Robert Maillart.

¹¹³ MUNARI, Bruno – “*Fantasia: Invenção, criatividade e imaginação*”, p.3

kantiana da pomba que só é livre após vencer a resistência do ar¹¹⁴ é sinónima dessa condição. O pensamento criativo contém possibilidades infinitas de se projectar mas isso só acontece dentro de limites objectivos. A criação em Arquitectura é fundada a partir do carácter inevitável da sua materialidade e essa evidência pressupõe um diálogo abrangente e atento com o mundo físico e humano que a rodeia. O texto de Kant toma o mundo dos fenómenos físicos para colocar em oposição o conhecimento científico, abstracto e classificatório, com a experiência das sensações da realidade. Para Kant, as verdades da física newtoniana (por exemplo a Lei da Gravidade), as regras éticas de comportamento ou a experiência do mundo das sensações são ambas e simultaneamente condições necessárias ao aprofundamento da realidade¹¹⁵. Ao contrário da invenção, já não se está perante uma relação biunívoca entre o que se pensa e a sua realidade prática, mas antes perante uma teia de relações múltiplas, encadeadas e indeterminadas.

A distinção entre a *invenção* da *criação* pode também ser efectuada à luz do conceito de *descoberta* pois esta, ao invés da *invenção*, remete para o conhecimento de algo que já existia. A famosa afirmação do arquitecto Álvaro Siza ‘*os arquitectos não inventam nada, transformam a realidade*’¹¹⁶ supõe que a obra deve nascer a partir das suas circunstâncias e não ser um fim em si mesma. O acto de projectar associa a formalização de um desejo à organização de uma variedade de condições que convergem num momento preciso do processo histórico. Assim o *dever* histórico é questionado e integrado na construção da ideia arquitectónica – o que não acontece obrigatoriamente com as outras actividades práticas ligadas aos artefactos técnicos.

¹¹⁴ “A leve pomba, ao sulcar livremente o ar, cuja resistência sente, poderia crer que no vácuo melhor ainda conseguiria desferir o seu voo. Foi precisamente assim que Platão abandonou o mundo dos sentidos, porque esse mundo opunha ao entendimento limites tão estreitos e, nas asas das ideias, abalançou-se no espaço vazio do entendimento puro. Não se apercebia que, apesar de todos os seus esforços, não abria nenhum caminho, uma vez que não tinha ponto de apoio em que pudesse aplicar as suas forças”. KANT, Emmanuel – *Crítica da Razão Pura*, p.41.

¹¹⁵ Na *Crítica da Razão Pura*, Kant avalia a realidade apoiando-se nos conceitos de Juízo Analítico e Juízo Sintético, os quais deveriam ser formados a priori da ‘medição’ do acontecimento. Síntese e análise conformam uma percepção da realidade que utiliza ferramentas cognitivas diferentes: intuição dos sentidos, lógica dedutiva, empirismo.

¹¹⁶ Verificamos a similitude com o enunciado da Lei da Conservação da Matéria de Antoine Laurent Lavoisier (1743/94): “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”.

Portanto, há aqui uma postura perante a construção e a apreensão da realidade admitida pelo objecto arquitectónico, que distingue em termos profissionais o arquitecto do engenheiro. Isso supõe metodologias de trabalho e de assimilação do conhecimento que não devem ser confundidas.

Ezio Manzini sugere que, na actual organização do saber ligado à produção de artefactos, os grandes paradigmas do pensamento prático se encontram representados nas interpelações ‘*O que é?*’ e ‘*O que preciso e porquê?*’ – a primeira questão interessa sobretudo àqueles que se movimentam dentro dum conhecimento especializado, a segunda àqueles para quem o projecto implica em cada nova situação uma renovação tanto da relação com a matéria como com todos os processos directamente a ela vinculados.

‘*O que preciso e porquê?*’ é a pergunta que o arquitecto coloca perante a parafernália de valores e instrumentos que o saber tecnológico (entre outros) disponibiliza; ela implica “*um conhecimento e uma percepção que não se organizam em redor das entidades físicas dos materiais, mas à volta de certas funções e de uma variedade de opções. Esta percepção assemelha-se mais a um método operativo do que a um sistema de classificação*”¹¹⁷. É de notar que, mais do que perceber a estrutura física interna da matéria, interessa apreender um mundo exterior de possibilidades que determinado material ou conhecimento induzem.

Outro ponto a referir sobre as implicações da pergunta é a tónica posta no sujeito que opera, o autor; pois ‘*o que preciso*’ depende essencialmente de quem formula a pergunta e de como estão organizados os seus mecanismos de resposta. Como se sabe a estrutura da pergunta é essencial para a qualidade da resposta (por nela estar já contido um mundo de oportunidades e de interesses) pelo que o comportamento do autor e a sua visão do problema é crucial no processo e no resultado final.

¹¹⁷ MANZINI, Ezio – “*A Matéria da Invenção*”, p.60.

Em relação ao saber técnico, ele afecta a concepção arquitectónica quer na fase em que são necessários conhecimentos para formar uma ideia, quer no período em que os conhecimentos práticos servem para converter essa ideia em realidade material.

Muitas vezes a técnica só serve ao projecto para lhe dar a viabilidade material mínima, não sendo tomada como um dos elementos fundamentais da operação de síntese que é o projecto de arquitectura. A hierarquia que é estabelecida, remetendo as questões técnicas para uma fase posterior do projecto e afastando essa componente dos momentos críticos do processo criativo, é sinónimo de um entendimento pré-Iluminista da profissão, onde se resolvia as vicissitudes técnicas na obra e com a obra. Nas condições em que o objecto arquitectónico é hoje materializado, esta visão é impraticável.

Como matéria e forma implicam uma correspondência recíproca, o saber-fazer torna-se condição necessária ao acto criativo da arquitectura. Esse facto obriga a um certo entendimento do comportamento dos materiais, da sua possível organização, dos mecanismos da produção e, por fim, do estabelecimento de critérios de optimização que possam equilibrar quer as diversas exigências da acção técnica, quer os vários interesses exteriores (sociais, económicos, culturais) de que depende a eficácia projectual.

Portanto, da anterior pergunta *‘o que preciso e porquê?’* derivam agora: *‘que se pode fazer?’*, *‘com quê?’* e *‘como?’*. Estas questões reportam-se directamente a uma possibilidade de adaptação de determinados meios técnicos a uma ideia; no entanto, a interrogação principal fica por fazer: Em que medida a solução construtiva emergente intervém de forma óptima na resolução global do problema arquitectónico? Ou seja, até que ponto o pensamento prático participa esteticamente na elaboração da forma arquitectónica.

Numa fase posterior do projecto em que se activa os procedimentos formais (desenhados e escritos) para fixar a solução técnico-construtiva, e no decorrer da obra, o conhecimento técnico ganha contornos diferentes, servindo para resolver alguns parâmetros essenciais à qualidade final da obra: verificar e optimizar os estudos já concebidos, confirmando que a solução é viável de acordo com as condições concretas e específicas do momento; verificar com pormenor como se pode realizar em obra a montagem e a execução dos sistemas ou dos elementos construtivos; finalmente, controlar a correcta

execução de todo o processo.

Neste patamar, ainda de consolidação de ideias mas sobretudo de materialização concreta da forma concebida, intervêm de modo ordenado conhecimentos específicos que colaboram na qualidade final da obra.

Sobre o papel do saber-técnico na formação global da ideia de arquitectura, pode dizer-se que aí reside muitas das ideologias arquitectónicas modernas. Independentemente dele influenciar em graus diferentes a linguagem da arquitectura – como só se pode escolher sobre aquilo que se conhece e, portanto, quanto mais se conhecer maior é a qualidade da escolha – é crucial a sua integração no processo conceptual. Parafraseando Ignacio Paricio, a construção é uma condição necessária mas não suficiente à arquitectura e incide de duas formas no acto criativo do projecto

A primeira consiste em criar limites de razoabilidade ao projecto. Não se deve entender isto como forma de castração da criatividade arquitectónica, pelo contrário, em vários momentos a imposição de dificuldades, quer por normativas ou modelos, forneceu os estímulos a um vocabulário formal consistente. Numa época em que quase tudo é tecnicamente possível, essas limitações podem constituir uma forma de procura das opções mais racionais.

A segunda relaciona-se directamente com o processo criativo. O leque de sugestões formais que a construção veicula é praticamente ilimitado. A riqueza das formas construtivas, ao contrário de outras “inspirações”, introduz directamente na sintaxe arquitectónica soluções retiradas da tradição da cultura tectónica, as quais podem ser renovadas a partir de novos sistemas construtivos.

2 | A inter, pluri, multi e transdisciplinaridade do Projecto.

Interessa evocar novamente um acontecimento marcante na história do ofício do arquitecto: a transformação do saber unitário profissional num sistema de conhecimentos autónomos.

Embora a questão da ciência, enquanto forma racional do

pensamento, estivesse já fortemente envolvida na concepção renascentista, só a partir do Iluminismo francês o conhecimento científico emergente alterará paulatinamente a praxis arquitectónica.

Como se viu, até então, a construção de edifícios continuava a ser baseada numa cumplicidade empírica entre artífices organizados por especialidades e o arquitecto que funcionava como projectista e mestre-de-obras. A desfragmentação desta organização secular dar-se-á através duma progressiva substituição desse tipo de conhecimento por práticas mais ajustadas à sociedade progressista da Revolução Industrial.

A clivagem da prática técnica da arquitectura tem a sua origem no Iluminismo francês. A emancipação das ciências aplicadas converteria a produção dos artefactos em processos cada vez mais dependentes de saberes tecnológicos específicos, que demarcariam o campo de actuação profissional de arquitectos e engenheiros.

Na passagem para o séc. XX a profissão de arquitecto vê-se rodeada por outros profissionais que entretanto tinham acompanhando as ramificações evolutivas que os materiais e as técnicas de construção haviam sofrido. Ao contrário da Engenharia e da Sociologia, por exemplo, onde havia sido possível desdobrar o objecto de estudo e, com isso, conhecê-lo aprofundadamente nas suas partes na arquitectura, pela sua carga programática, essa parcelarização do saber não fazia sentido. Os arquitectos, socialmente incumbidos de criar a habitabilidade, continuariam a ter que vincular ao seu programa projectual tanto as questões técnicas como as culturais, psicológicas e simbólicas da sociedade. Uma polivalência que ao mesmo tempo o impedia de acompanhar com profundidade todos os desenvolvimentos e aprofundamentos na compreensão da realidade onde actuava.

O que ocorreu com a componente técnica e material da arquitectura foi uma desmultiplicação de acontecimentos, de ordem tecnológica, que produziu um afastamento exponencial e irreversível do arquitecto em relação ao comportamento da matéria. Só técnicos treinados e familiarizados com conhecimentos apropriados, como os engenheiros, o poderia ajudar a integrar a complexidade que os novos sistemas construtivos e os novos materiais abarcavam.

Como referido, a partir do séc. XIX, a consolidação de conhecimentos capazes de preverem com rigor científico o comportamento dos materiais, utilizando-os perto do limite de ruptura, o aparecimento de uma nova geração de ‘materiais modificados’ e os

meios produtivos organizados numa perspectiva de eficácia técnica desencadearão um processo que influenciará drasticamente a actividade da construção de edifícios. Este novo ambiente de constante inovação técnica já não precisava do passado para se projectar no futuro; o vínculo existente tinha sido substituído por saberes especializados que, num processo de desmontagem e reconstituição da ordem natural, conduziram o artefacto arquitectónico a um somatório de elementos provenientes de actividades produtivas e cognitivas distintas.

Aquela anedota corporativa sobre arquitectos e engenheiros onde, os primeiros, querendo saber um pouco acerca de tudo acabaram por saber um pouco de nada sobre tudo, os segundos, sabendo muito sobre pouco terminaram a saber muito sobre coisa nenhuma, sintetiza ironicamente a bifurcação profissional que conduziu paulatinamente à institucionalização da arquitectura e da engenharia como especialidades inseridas na *arte de construir*: uma, *especialista em generalidades* e a outra, *especialista em especificidades*.

O afastamento da matéria, tanto pelo lado microscópico como pelo macroscópico, crê-se ser uma das razões que está na base do progressivo abandono da *tectónica*¹¹⁸ como princípio de projecto, e da sua substituição por uma imagética construtiva simplesmente aposta à verdadeira realidade material do objecto construído.

O entendimento moderno do projecto de arquitectura tinha ficado bem patente nas palavras de Walter Gropius proferidas nos anos 20:

“Se (o arquitecto) cria uma equipa que coopera estreitamente, em conjunto com o engenheiro, o cientista e o construtor, o desenho, a construção e a economia podem converter-se outra vez numa entidade, numa fusão entre arte, ciência e indústria.

[...] Tentava por a ênfase do meu trabalho na integração e na coordenação, na inclusão e não na exclusividade, já que pensava que a arte da construção depende do trabalho coordenado em equipa de um grupo de colaboradores activos cuja cooperação simboliza a organização cooperativa do que

¹¹⁸ Conforme Kenneth Frampton, *tectónico*, significa uma poética da construção onde a dimensão artística não é figurativa nem abstracta.

chamamos sociedade”.¹¹⁹

Para além da esperança numa organização de trabalho vinculada a um ideal social e do optimismo em constituir a arquitectura como actividade fortemente progressista, ficavam por esclarecer algumas dúvidas sobre a hierarquização e a gestão de tão vastos recursos.

Sabe-se (é incontornável) que a prática contemporânea do projecto depende, por necessidade técnica e obrigação institucional, da colaboração multidisciplinar. A realização dessa integração depende do estatuto do saber teórico-prático do arquitecto o qual pode ser hipoteticamente situado entre os seguintes extremos:

- Aprofundar todos os conhecimentos necessários para dominar, tanto o acto criativo como depois, as linguagens específicas dos diferentes técnicos com quem têm de cooperar;
- Reduzir-se ao conhecimento específico da arquitectura, integrando um grupo multidisciplinar, onde cada um desenvolve sectorialmente cada uma das componentes do projecto, tomando para si a decisão sobre a melhor solução.

Na perspectiva de uma prática projectual equilibrada, estas duas formas de entender o controlo técnico do projecto são inadequadas. Pois se por um lado a complexidade e a sofisticação tecnológica dos diversos domínios da produção de edifícios torna impossível que uma única pessoa a abarque, por outro, o não tratamento do todo, reagrupando no fim, por soma simples as partes, salvo raríssimas excepções, só poderá produzir corpos destituídos de coerência formal.

Parece pois que um ponto de equilíbrio se encontra entre estes dois opostos. Aí se poderá constituir um saber capaz de se orientar nas numerosas opções que a realidade oferece, colmatando a acentuada tendência para a abstracção e para a imaterialidade, equacionando a variedade de parâmetros com a qual a matéria é composta, num processo de adaptação das suas capacidades intuitivas e da sua criatividade, assim como utilizando o seu método geral de trabalho.

¹¹⁹ GROPIUS, Walter, citado em, KOSTOF, Spiro – *“El arquitecto: Historia de una profesion”*, p.278

A disponibilidade de meios tecnológicos e a estrutura mental, que os integra no processo projectual da arquitectura, são dois parâmetros de uma relação que determina a forma arquitectónica. Quanto aos meios, sabemos que o último século foi fértil em novas soluções técnicas e novos materiais de construção; quanto ao modo da sua integração na arquitectura, conferindo-lhe materialidade, será necessário criar alguns automatismos processuais mas, sobretudo, adquirir uma linguagem intermédia capaz de inspirar, informar e avaliar a síntese projectual. Isso requer uma atenção e disponibilidade a todas as ferramentas existentes em redor do objecto, para que entre elas se possa eleger serenamente as mais eficazes. Neste âmbito, depois de se saber *‘o que preciso e porquê?’*, o arquitecto deve saber *‘como?’* e *‘com quem?’* deve comunicar. A organização do conhecimento e da percepção que conduz à resposta indicia a formação de uma ideia para encarar e limitar o problema e a projecção de uma estratégia para o solucionar. Portanto, o conhecimento técnico do arquitecto é fundamental por desempenhar no processo construtivo dois papéis fundamentais: fornece a bagagem teórica de suporte conceptual e de hierarquização dos conhecimentos específicos necessários; funciona como linguagem intermédia capaz de estabelecer uma relação profícua com as especialidades técnicas e com a obra enquanto sistema heterogéneo de força laboral.

3 | O Projecto como montagem criativa.

Utilizando uma metáfora dada por Ignasi de Solà-Morales, o arquitecto contemporâneo não é mais que um realizador de cinema que usa como operação central do seu trabalho a técnica da montagem e onde o projecto se assemelha ao guião. Num final feliz a obra não denotará esse processo.

“Para la obra arquitectónica moderna el lugar y los modos de acción de cada técnica deben ser fingidos en el proyecto de modo que la producción real no deba confiar ni las circunstancias del momento ni las decisiones que el lugar reclame a la hora de actuar. El operar arquitectónico debe

estar de todo decidido en el escenario ficticio del proyecto de modo que los agentes que van a intervenir en la producción se ajusten al guión previamente determinado por el proyecto.

*[...]Todos forman parte de la difracción técnica del objeto arquitectónico, ninguna puede ni debe tener un papel principal o decisivo. Sólo el montaje, la artificiosa, fatigante y conflictiva reunión de todos ellos es decisivo. Una reunión que jamás puede llegar a ser un Gesamtkunstwerk, la feliz reunión de todas as artes y todos los oficios, sino únicamente la trabajosa articulación de diseños, decisiones espaciales, componentes, etc”.*¹²⁰

Esta ideia de ‘corte e costura’ como metodologia projectual para resolver a forte fragmentariadade disciplinar parece oposta à veiculada por Bruno Zevi sete anos depois, em 1979:

*“Em arquitectura, como em poesia, não se dão fases criativas distintas, não há cesura aristocrática entre forma e matéria, pensamento e acto, autor e executor; se essa separação se verifica a arquitectura fica irremediavelmente comprometida ou perdida”.*¹²¹

A focagem dos discursos aponta para zonas diferentes do mesmo processo: o de Sòla-Morales para o processo operativo e o de Zevi para a questão do autor. É sobre este aspecto da autoria da obra de arquitectura que agora interessa falar.

Conforme Vitrúvio enunciara, as dimensões *utilitas*, *firmitas* e *venustas* englobam em si (ainda que de forma perigosamente simplista e compartimentada) toda a complexidade do objecto arquitectónico. Incidindo numa delas ou equilibrando-as, a projectação arquitectónica tenta sempre harmonizá-las porque não há edifício que sobreviva sem uma estrutura formal coerente, alicerçada nas condições sociais particulares, na realidade construtivo-tecnológica e num programa estético. As componentes ligadas às questões programáticas (*utilitas*) e às possibilidades construtivas (*firmitas*) podem ser alvo de uma racionalidade científica assente em métodos quantitativos; a *venustas* (originalmente vinculada à noção clássica de beleza), por conter em si a

¹²⁰ SOLÀ-MORALES, Ignasi de – “Diferencias: Topografía de la Arquitectura Contemporánea”, p.160/161.

¹²¹ ZEVİ, Bruno – “Architettura in Nuce: Una definizione de Architettura”, p.131.

função estética do artefacto desencadeia processos de síntese integrando as outras dimensões como material igualmente potencializador da forma arquitectónica.

A *venustas* sugere, pois, um conhecimento mais aberto que abarcará tanto o racional como o irracional, sendo a porta de entrada no processo criativo dos valores idiossincráticos do autor.

Num cenário de Torre de Babel, como o que anteriormente se descreveu, predominando actores diferenciados, a existência do poder do autor associado à “urgência” da *função estética* (e ética) é condição indispensável para a formação equilibrada do projecto. Dentro da estrutura organizativa que rodeia a construção de edifícios, o arquitecto, apesar de todas as fragilidades formativas, continua a ser o elemento com capacidades de estabelecer essa coesão desejada por todos.

Apesar do arquitecto já não ser o autor material da maioria dos múltiplos aspectos que dominam a produção de edifícios o seu papel é, porventura, ainda mais determinante na qualidade global da obra do que anteriormente. A grande diferença para o passado está num perigoso afastamento da acção técnica, cada vez mais dominada por técnicos especializados e, consequentemente, do objecto que se cria.

Isto coloca a questão sobre o significado actual da prática da arquitectura enquanto ofício. No texto de Kenneth Frampton, “*The Media and the Metier*”, o tema é colocado nos seguintes termos:

*«It is necessary to recognize the limits of architecture as a metier; above all perhaps the fact that however much advanced techno-scientific methods may be employed in its realization, it is no more an applied science than it is a form of fine art. Despite the ubiquitous triumph of technological modernization, the practice of architecture is still to be more properly regarded as a craft, one which, at its full range, is dedicated to the significant formulation of the human environment. In this respect, it is always as much an ontological presence and an embodiment of societal value in spatial terms as it is an abstract or symbolic representation».*¹²²

Se não existir um cuidado e uma atenção permanente sobre o significado da acção técnica na linguagem da arquitectura, a condição artesanal da prática projectual pode ser posta em causa pela forte

¹²² FRAMPTON, Kenneth – “*Labour, Work and Architecture*”, p.8.

presença dos meios tecnológicos. Neste quadro os aspectos éticos e artísticos do saber-fazer do arquitecto adquirem um papel fundamental na construção de uma linguagem crítica e coerente.

TEMA III

O ENSINO DA CIÊNCIA DA CONSTRUÇÃO.

“The infant, before even learning how to speak, experiences and play with gravity. To let objects fall, to build and then destroy the tower of cubes, or to be puzzled by a hovering mobile as well as the child’s own struggle for is upright position, demonstrates that gravity belongs to one of our primary certainties.

Grow up we interiorize nature’s extraordinary inventiveness to come to grips with gravity. Trees, wheat, mushrooms, and animals all have formal structures which bear the imprints of gravity. We see gravity in action, as with waterfalls and sleigh riding. ”

Pierre von Meiss
in “Les Cahiers de l’Enseignement de l’architecture n°5”, 1999.

No primeiro tema fixaram-se certas características do objecto arquitectónico quando está sobre a influência particular do pensamento técnico; no tema seguinte observaram-se as transformações na organização e funcionamento do saber do arquitecto provocadas pela presença das especialidades tecnológicas, cada vez mais autónomas e decisivas. Por fim, será analisada a natureza do ensino desses conhecimentos tecnológicos necessários ao projecto, no contexto da aprendizagem da arquitectura.

1| A natureza da aprendizagem em arquitectura.

O conhecimento em arquitectura não se pode desvincular das transformações operadas na estrutura produtiva que envolve a actual construção de edifícios: o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais, o aumento de conhecimentos especializados; mas também, a globalização dos mercados e da cultura, os novos conceitos de sustentabilidade do ambiente construído e do meio natural. Neste início de século a arquitectura, enquanto acção prática, opera numa realidade construída na base de interesses heterogéneos e dinâmicos.

Por isso, ao arquitecto, é indispensável a formação de um conhecimento adaptativo capaz de, em cada preciso momento de tempo e de espaço, lhe fornecer a agilidade teórica e prática para actuar nas mais diversas facetas da construção do espaço habitável. Em concreto, a aprendizagem deve ser organizada de modo a possibilitar a aquisição de instrumentos cognitivos capazes de reconhecer, analisar e formular os problemas no contexto da própria disciplina da arquitectura e também nas áreas do saber correlacionadas. Este processo deveria contribuir, em paralelo com o crescimento e os interesses pessoais, para a fomentação de uma metodologia de trabalho apta para desenvolver conceitos e soluções técnicas precisas aos problemas espaciais concretos.

A escola continua a ser o local onde aquilo que se investiga intelectualmente se cruza com o que se experimenta como pessoa. Ernest Rogers explica de forma exemplar a função derradeira da escola

na formação do arquitecto:

*“La Scuola deve considerare che chi fa l’architettura non é un tecnico ma un uomo intero, il quale deve inserirsi nella storia non como elemento staccato, ma totalmente e non secondo una totalità dogmatica ma come una conquista aperta a tutte le possibilità.”*¹²³

O autor havia antes declarado no mesmo texto:

“Il compito del pedagogo, e della critica, dev’essere quello di indicare i vasti orizzonti e di mostrare le molte strade possibili, non in senso agnostici ma secondo la responsabilità di una libera scelta congeniale a ciascuno.

*Naturalmente il rapporto tra il principio di libertà e quello dell’indirizzo coerente de una scelta non si può stabilire a priori, perché coinvolge tutti quanti gli elementi di un modo di concepire l’esistenza.”*¹²⁴

Assim, fazer de cada trabalho, individualmente elaborado, um sinónimo de empenho, exigência e satisfação pessoal do aluno, é uma obrigação que deve ser transversal às várias áreas científicas de um curso de arquitectura.

Mas este alvo é certamente sensível a muitas áreas do ensino – o que o torna tão especial no ensino da arquitectura é o facto de se saber, *a priori*, que a constituição do conhecimento específico à arquitectura apela a uma vinculação simultânea, determinante, a métodos de estudo que exigem o manuseamento de conteúdos exteriores à disciplina. O que significa uma disponibilidade para manusear e integrar ferramentas do conhecimento distintas.

O acto criativo em arquitectura está associado à capacidade de projectar, ou seja, de processar um problema relacionado com o espaço do habitat humano e, a partir daí, construir uma resposta original e tecnicamente eficaz. Contudo, ao contrário de outras disciplinas, a condição programática e abrangente da arquitectura transforma esse processo num sistema aberto que põe em confronto permanente e errante o conhecimento teórico e a sua prática.

Isso é pouco frequente nas disciplinas de acção projectual, como algumas engenharias, onde a evolução do processo é mais hierarquizada

¹²³ ROGERS, Ernest – “Gli elementi del fenomeno architettonico”, p.31.

¹²⁴ Ibidem. p.23 e 24.

e previsível, sendo a teoria (leis comportamentais, normas, procedimentos institucionalizados, etc.) uma aplicação e verificação de rotinas previamente fixadas.

Os modos de colocar os termos de um problema e organizar os meios para o resolver – o *problem setting* e o *problem solving*¹²⁵ – ilustram bem a diferença que existe nos comportamentos cognitivos, nas práticas, nos estilos de abordagem e nas formas de conhecimento em arquitectura e em engenharia. Em áreas de projecto, como algumas engenharias, o estabelecimento dos dados do problema encabeça o processo e constitui uma plataforma de trabalho estável a partir da qual é estabelecido o método de resolução do problema. O *problem solving*, por sua vez, é estruturado a partir dos dados adquiridos a montante e recorre a análises classificatórias que permitem depois escolher de entre um conjunto de instrumentos tipificados mais adequados. Na engenharia de estruturas, em particular, esse sistema de operações é pré-determinado e ancora-se numa racionalidade dada pela bagagem teórica construída a partir das ciências aplicadas e dos códigos de prática profissional.

Embora o projecto em arquitectura tenha também as suas rotinas, o *problem setting* é, na sua essência, uma representação que tem a sua origem numa imagem mental dominada pela analogia¹²⁶, “*uma metáfora capaz de produzir outras imagens e, portanto, acções, interacções de sujeitos e intervenções sobre a matéria. É este salto da imaginação que dá ao problema a sua definição inicial e que prepara a respectiva solução*”.¹²⁷

Como referia o arquitecto Fernando Távora, a constituição desses

¹²⁵ Termos que têm a sua origem nos estudos efectuados por Herbert Simon no âmbito da investigação sobre a ‘*ciência do artificial*’.

¹²⁶ Omer Akin, um estudioso da dimensão cognitiva do projecto, refere que a *analogia* é uma ferramenta estratégica na montagem e resolução do problema em arquitectura; pelo contrário, a *simbologia* encontra um interesse particular nas representações físicas e matemáticas uma vez que transforma, através de símbolos, o mundo real em abstracções, mantendo ou não as relações topológicas entre eles.

“*The power of analog representations used by the architect is based on the directness of their correspondence to reality, the accuracy with which they simulate objects and the evaluation of important design performance issues they enable, such as composition, contextual congruency, and constructability. This is why there has been such an emphasis on sketching, in architectural education and practice*”. AKIN, Omer – “Variants in Design Cognition”, p.5.

¹²⁷ MANZINI, Ezio – “*A Matéria da Invenção*”, p.62.

mecanismos de síntese criativa faz-se a partir “*de um equilíbrio sábio entre a sua visão pessoal e a circunstância que o envolve e para tanto deverá ele conhecê-la intensamente, tão intensamente que conhecer e ser se confundem*”.¹²⁸

Este conhecimento subentende uma conciliação entre pensamento científico, racional, e o intuitivo ou artístico, subjectivo.

Sobre esta latente dualidade entre cultura científica e humanista Bruno Zevi havia escrito: “*Um pouco técnicos, algo de artistas e sociólogos, os arquitectos constituem figuras híbridas de duvidosa definição.*”¹²⁹ Esta afirmação dúbia sobre o carácter generalista da profissão foi proferida no editorial da revista *L’Architettura*, aquando da publicação em Itália do livro de Charles Percy Snow “*The two Cultures and the Scientific Revolution*”(1959). Na realidade a actividade racional do arquitecto quando projecta constitui um exemplo paradigmático do encontro dessas *duas culturas*¹³⁰ definidas por Snow em meados do século passado. Quando ele referia que o ponto de encontro entre valores científicos e valores humanos deveria produzir ocasiões de criação, a relação com a arquitectura é imediata. É sobre a decorrente dualidade entre ciência e arte que se colocarão algumas reflexões sobre o ambiente da aprendizagem da arquitectura.

No fenómeno arquitectónico, o que conduz a esse cruzamento entre razão e intuição é a presença sistemática e obrigatória de uma investigação reflexiva e objectiva que tende a equilibrar os opostos com que o arquitecto trabalha diariamente: sujeito/objecto, qualidade/quantidade, finalidade/causalidade, sentimento/razão, liberdade/determinismo, existência/essência, particular/geral.

Nesta relação de forças, o conhecimento artístico dá uma visão profunda e alargada de uma realidade concreta e complexa, mas não oferece mecanismos de intervenção objectivos; por sua vez, o conhecimento racional ou científico funciona como uma estrutura de certezas mínimas porque extrai de uma simplificação da realidade os aspectos universais, compreensíveis e quantificáveis.

¹²⁸ TÁVORA, Fernando – “*Da organização do espaço*”, p.88.

¹²⁹ Citado em, ALBA, Antonio Fernández – “*Cinco cuestiones de arquitectura*”, p.100.

¹³⁰ Como anteriormente referido, o físico e escritor Charles Percy Snow, numa conferência proferida em 1959, criticava a acentuada clivagem existente entre uma ‘cultura científica’ e uma ‘cultura humanista’. O livro publicado posteriormente institucionalizaria os dois termos ao mesmo tempo que propunha uma “terceira cultura”, a da unidade.

Mas porque a aprendizagem e a compreensão, para serem eficazes, exigem uma racionalidade mínima, é exigido que se criem os dispositivos discursivos onde isso aconteça. Porventura, a presença de dados de matriz subjectiva, decorrentes de uma elaboração intuitiva, constitua a razão dos grandes silêncios ou dos discursos surdos e absurdos que tanto alunos como professores por vezes partilham.

Portanto a racionalidade do pensamento arquitectónico deverá existir num contexto de aprendizagem, sendo importante reconhecer que embora todos os valores transmitidos possam estar directa ou indirectamente submetidos à objectividade científica, isso não anula a construção de outras explicações encontradas fora desse âmbito.

Apesar de existirem algumas propostas que apresentam métodos para capturar esses momentos fora da esfera da razão científica não é objectivo do trabalho desenvolver mais esta questão complexa pelo que se deixa alguns indícios em nota de rodapé.¹³¹

O ‘saber-fazer’ do arquitecto resulta, basicamente, de um processo de *análise/síntese/avaliação*: analítico, porque opera sobre uma realidade que deve ser minimamente racionalizada e quantificada para lhe ser próxima; estruturalmente sintético, porque só assim será possível tornar operativo um saber que é construído na convergência de muitos interesses autónomos (conhecimentos exteriores, memória, circunstância, etc.); de avaliação, porque é um processo auto-regulador, reajustável, que procura a reflexão crítica para se emancipar.

¹³¹ Exemplo do que se deixa em aberto é o “pensamento lateral” de Edward de Bono. Como esclarece no prefácio do livro *“Creatività e pensiero laterale: manuale di pratica della fantasia”*, o pensamento lateral constitui uma forma de usar a informação para conseguir a criatividade e uma reestruturação intuitiva. Bono, Edward - *“Creatività e pensiero laterale: manuale di pratica della fantasia”*, p.5 a 7. Outro exemplo é o da “racionalidade interpretativa” – conceito desenvolvido por David Best por oposição ou complemento ao raciocínio dedutivo, característico da matemática, e ao indutivo, característico da ciência. O ‘raciocínio interpretativo pode dar uma *“interpretação, avaliação ou quadro de um fenómeno ou situação, e é central não só para as artes, mas também para o conhecimento científico [...] o raciocínio interpretativo envolve, por exemplo, tentar mostrar uma situação numa perspectiva diferente e isto pode envolver não só uma interpretação ou conceito diferente, mas uma avaliação diferente. É importante reconhecer que, ao contrário do raciocínio dedutivo típico, por exemplo, da silogística lógica, o raciocínio interpretativo não conduz, de modo inexorável, a conclusões válidas universalmente”*. BEST, David – *“A racionalidade do sentimento”*, p.23.

Estas características formativas do modo de actuação do arquitecto, excluindo talvez o caso de medicina, raramente encontram paralelo noutras actividades humanas. Porquanto o seu ensino não se prevê poder assentar numa estrutura pedagógica que simplesmente decorra de um alinhamento de áreas científicas autónomas que utilizem, como método de transmissão do conhecimento, relações unidireccionais e unívocas.

Pelo contrário, como se referia no início do trabalho, citando uma observação do pintor Joaquim Vieira, a aquisição do conhecimento projectual, em arquitectura, é estabelecida a partir da criação de uma metodologia que integra formas de aprender *empíricas, estatístico-analíticos e crítico-analíticos*. A primeira estaria vinculada à percepção da forma e à intuição empírica da montagem do léxico arquitectónico; a segunda pressupunha uma metodologia racional baseada na elaboração de análises comparativas e classificativas sobre realidades existentes; a última referia-se a atitudes mais interpretativas, especulativas, fundadas numa investigação teórica pessoal. É fácil detectar aqui uma certa complementaridade entre características pertencentes ao pensamento científico e ao saber artístico; a qual, desde há bastante tempo permite aos arquitectos enfrentar adequadamente a realidade da acção projectual.

Assim, o ensino em arquitectura, porque estruturado para a aprendizagem do projecto, confere à natureza do pensamento projectual o denominador comum de todo o programa curricular: o ensino é moldado para que o aluno, a partir da sua experiência pessoal, integre gradualmente e harmoniosamente trabalhos de análise e processos de síntese, o que quer dizer que promova uma racionalidade discursiva simultânea a uma racionalidade intuitiva pessoal¹³². A este propósito, poder-se-á aplicar aquilo a que Edgar Morin chama a *compreensão intersubjectiva* que integra procedimentos de compreensão mais do que de explicação:

“A informação, se é bem transmitida e compreendida, traz a

¹³² A filosofia distingue estas duas facetas da compreensão colocando-as nas duas modalidades da actividade racional: a razão intuitiva (visão global, sintética e directa sobre o objecto sem necessidade de provas ou demonstrações para saber o que se conhece); e a razão discursiva (realização de sucessivas etapas cognitivas de aproximação, ultrapassadas hierarquicamente, para chegar ao conceito ou à definição do objecto).

inteligibilidade, primeira condição necessária, mas não suficiente, para a compreensão. [...] Compreender significa intelectualmente apreender em conjunto, com-preender, discernir em conjunto (o texto e o seu contexto, as partes e o todo, o múltiplo e o uno). [...] Explicar, é considerar o que falta conhecer como um objecto e aplicar-lhe todos os meios objectivos de conhecimento. [...] A compreensão humana ultrapassa a explicação. A explicação é suficiente para a compreensão intelectual ou objectiva das coisas anónimas ou materiais. É insuficiente para a compreensão humana.

[...] Compreender inclui necessariamente um processo de empatia, de identificação e de projecção. Sempre intersubjectiva, a compreensão necessita abertura, simpatia generosidade”¹³³.

A cultura pedagógica, suposta na *compreensão intersubjectiva*, transforma-se num complemento à compreensão objectiva das disciplinas de carga científica explícita.

2 | O ensino das matérias técnicas

No caso particular do saber ligado à acção técnica, a relação entre teoria e prática é cada vez mais difícil de equilibrar pois, como se tem sublinhado, o conhecimento científico e tecnológico impõe regras cada vez mais indecifráveis e a vários níveis. Acresce-se também que os seus produtos estão integrados em dinâmicas que os tornam obsoletos em intervalos de tempo muito curtos.

Assim, um dos problemas que se coloca hoje ao ensino da construção em arquitectura passa pela sensatez em não confundir a complexidade tecnológica dos elementos construtivos, com a naturalidade dos fenómenos físicos que lhes estão na origem.

A questão que se coloca é pois saber qual a pertinência, o modo e a razoabilidade da transmissão desses conteúdos técnicos especializados num contexto pedagógico como o referido no capítulo anterior.

¹³³ MORIN, Edgar – “Os sete saberes para a educação do futuro”, p.100/101.

A primeira clarificação vem do arquitecto Álvaro Siza, num texto que o próprio fundamenta na sua experiência docente de construção na ‘Escola do Porto’:

“El currículo de la escuela fomenta la tendencia diversificadora y especializadora. Por el contrario, creo que hay una necesidad de desarrollar sobre todo la capacidad de relacionar entre sí las disciplinas que integran la arquitectura. Yo, en la Escuela, he insistido durante años en la construcción, por mi experiencia como estudiante y luego como profesional.”¹³⁴

Depois de opor dois modelos de ensino que conhece – o que promove uma aprendizagem conceptual indiferente à realidade técnica e aquele que, pelo contrário, estrangula a suposta imaginação criativa com as normas e os rigores construtivos – prossegue:

“Nunca los dos aprendizajes actúan juntos. Hay una distancia entre el proyectar y la realización, es decir, la parte material. Ésta se ve totalmente canalizada a través de las reglas. De tal modo que ver al arquitecto hacer el proyecto y después a otros continuarlo se ha convertido en una situación muy normal. Todo está partido, y el resultado está a la vista.

Se pretende una «liberalización» de los problemas de la construcción, de la técnica; pero lo que se necesita es el encontrar el tono, la forma de inserción del arquitecto en un contexto que engloba actividades técnicas muy complejas.”¹³⁵

Parece ser imprescindível colocar o problema relativo à autonomia de certas disciplinas específicas e a correspondente relevância na aprendizagem do aluno.

Num texto apresentado em 2002 ao *Congresso Internacional sobre a Construção da Arquitectura e o seu Ensino*, Helio Pinõn¹³⁶ exemplificava a desvinculação do pensamento construtivo do projectual. Referia-se ele ao caso de um aluno que teria respondido ao pedido comum das disciplinas de Projecto e de Construção (associadas no intuito de harmonizar conteúdos), apresentando o desenho de um edifício com janelas ao baixo, para a disciplina onde o professor

¹³⁴ SIZA, Álvaro – “Enseñanza e proyecto”, in Quaderns, nº176, p. 50.

¹³⁵ Ibidem.

¹³⁶ PINÕN, Helio – “No hay Proyecto sin Materia”, in “Materia y Forma”, p.15.

considerava ser mais coerente com a sua ideia conceptual e, ao alto, para a outra, porque seria tecnicamente mais razoável fazê-lo assim.

Sobre o exemplo dado, o arquitecto catalão sublinha o seguinte: “*El concepto y la técnica – la idea y la razón – aparecían, una vez más, polos de una oposición irreconciliable: en los extremos, dos criterios perfectamente legítimos, pero arbitrarios, si no se refieren a una misma actividad formativa, sintética: la concepción.*”¹³⁷

Com efeito, a situação descrita é mais do que uma caricatura de alguns problemas reais do ensino das técnicas construtivas. Ela demonstra como é entendido o objecto arquitectónico contemporâneo: um corpo imaterial e informe, desintegrado e desconstruído. Imaterial, porque lhe falta o sentido tectónico; desintegrado, porque o todo parece ser a simples soma de partes.

Um tal entendimento da arquitectura é em parte causado por três razões fundamentais: o modo como a informação é hoje veiculada, dando primazia ao poder da imagem; a disponibilidade das tecnologias digitais, capazes de montar realidades virtuais que remetem para segundo plano a experiência material e tátil do espaço; um entendimento da forma arquitectónica como meio privilegiado a utilizar por certas políticas de *marketing*.

Neste quadro de grandes banalidades vestidas com *peles inteligentes* e de mentalidades projectuais do tipo “*Síndrome Prof. Pardo*”¹³⁸ e “*E porque não ...?*”¹³⁹, símbolos da procura da diferença pela diferença (nem que isso custe dez vezes mais e dure dez vezes menos) – o ensino da construção transforma-se num local privilegiado para desmontar essas realidades e cultivar um equilíbrio entre o poder expressivo da matéria, a racionalidade técnico-científica e a síntese formal.

Trata-se de tornar explícito um relacionamento natural entre forma arquitectónica e matéria mas dirigido para o fortalecimento e manuseamento crítico das ferramentas teóricas que integram a acção técnica. Isso requer, previamente, escolher informação técnica estruturante e eleger os meios adequados para a transmitir. Deste modo

¹³⁷ Ibidem.

¹³⁸ Termo utilizado pelo arquitecto Manuel Graça Dias para definir a procura da ‘ideia’ genial a todo o custo.

¹³⁹ “¿Qué se pasaría?”. Expressão empregue pelo arquitecto Ignacio Paricio para retratar algumas transgressões perigosas à tradição construtiva assentes em levandades formalistas.

deveria ser possível ao aluno construir uma bagagem teórica mínima que fosse indutora de outros conhecimentos; que incluísse mecanismos capazes de em cada momento o conduzir às adequações e reinvenções necessárias, validando o conhecimento nas diversas situações do espaço contemporâneo e na sua dinâmica; que o auxiliasse no fortalecimento das ferramentas projectuais, incorporando adequadamente no organismo arquitectónico, se necessário, novos métodos construtivos, novos regulamentos e normas, os indispensáveis critérios de sustentabilidade ambiental e energética.

Cada docente transmite conhecimentos na expectativa que o aluno os assimile, os relacione com outras áreas do conhecimento, e os integre no processo projectual. Mas os mecanismos de síntese não são naturais numa fase de aprendizagem. Pois, como se sabe, o acto intelectual que conduz à síntese é genericamente intuitivo e decorre fundamentalmente da experiência pessoal. Pelo contrário, a maior parte do conhecimento que o aluno recebe na escola não provém de experiências directas e globais com os fenómenos mas da informação dispersa mediada pelos professores. Assim, na maior parte dos casos, o conhecimento é mentalmente organizado em sectores independentes e desvinculados de uma aplicação que obrigue à reflexão sintética – eventualmente – esses conhecimentos constituirão, numa prática futura, a bagagem para a acção projectual.

Também importa salientar que os vínculos e as transferências do conhecimento adquirido, entre áreas que deviriam ser complementares, quando acontecem, são ao acaso e raramente fruto de um cruzamento reflectido e objectivo. Existem duas razões para isto acontecer. Pelo lado dos discentes, o sistema de ensino que antecede a universidade incute a visão de um conhecimento constituído por gavetas onde se organizam as partes de um saber que nunca é reconhecido como um todo, e induz a estratégias de trabalho acríticas voltadas exclusivamente para a obtenção de boas notas. Depois, já a frequentar o curso superior, confrontados com informação e procedimentos heterogéneos, procuram antes de tudo uma correspondência estável, inequívoca e passiva com os conteúdos das várias áreas científicas. Pelo lado dos docentes, nota-se uma tendência para um fascínio sobre o campo científico onde, se supõe, deveriam ser especialistas. Isso propicia uma certa delimitação de actuação, demasiado fechada nas metodologias específicas

correspondentes aos conteúdos pedagógicos e didácticos que se quer transmitir.

O lugar onde o aluno testa e potencia os conhecimentos adquiridos, ainda que simulado, é um objecto unitário. Neste quadro, um enquadramento dos conteúdos dos programas técnicos fora da sua especificidade poderia constituir uma inflexão proveitosa para a qualidade desses conhecimentos no âmbito da aprendizagem do projecto.

Nas disciplinas ditas técnicas é pertinente questionar o interesse pedagógico de certas matérias e os métodos utilizados para as transmitir, ou seja, da sua relevância na construção do pensamento próprio da arquitectura, da eficácia da transformação dos conteúdos em conhecimento efectivo e influente na formação do saber-fazer. Como referiu Ernest Rogers, não se pode ensinar Física, ou qualquer outra matéria que contenha uma linguagem própria, sem a arquitectura reorganizar e adaptar as ferramentas pedagógicas originais:

“ E quando si affrontano i problemi architettonici si deve condensare, nella particolarità di un fenomeno, l’esperienza.

So che è un paradosso, ma per rendermi più chiaro, vorrei che, idealmente, nelle Scuole d’architettura vi fosse una fisica architettonica, una chimica architettonica, una storia architettonica dell’architettura e perfino una análise matematica o una geometria architettonica e così via, tutte quante ridotte, queste discipline, alla quintessenza degli elementi necessari alla loro concreta traduzione nel fenomeno architettonico. ”¹⁴⁰

No caso particular do ensino das estruturas, a ausência de empatias entre os conteúdos científicos específicos e o pensamento projectual em formação, cria uma incompreensibilidade sobre a realidade física do objecto, a estudar ou a projectar, que deveria ser colmatada.

A relação entre forma e estrutura pode também ser enquadrada no dilema ‘*a função segue a forma versus a forma segue a função*’. De facto, esta questão, associada à racionalidade estrutural, é central na aprendizagem da arquitectura e transformou-se num dos pontos mais importantes da reflexão sobre o destino da forma arquitectónica. Basta

¹⁴⁰ ROGERS, Ernest – “*Gli elementi del fenomeno architettonico*”, p.32.

observar a importância da solução estrutural na concepção da Casa da Música, do arquitecto Rem Koolhaas, ou do Estádio do Braga, do arquitecto Eduardo Souto de Moura, para percebermos em que patamares de complexidade estrutural estão colocados os exemplos que povoam o imaginário dos alunos.

Como explicar então que com um simples sistema porticado de betão armado também se pode produzir boa arquitectura? Como explicar que uma consola consome tanta energia (material e laboral) que será necessário estabelecer convincentes critérios de utilização?

E ainda, quais as ferramentas a adquirir, capazes de transformar as estruturas em geradores de forma? Qual o nível de conhecimento capaz de permitir uma comunicação proveitosa com os técnicos especialistas?

A resposta a estas questões, essenciais para a prática do projecto contemporâneo, não é compatível com uma prática pedagógica simplesmente alicerçada na linguagem matemática como ferramenta para comunicar os fenómenos estruturais.

Apesar de pequenas modificações, o modelo pedagógico seguido na maior parte dos programas de arquitectura entende o ensino dos sistemas estruturais como uma transladação das metodologias seguidas nas escolas de engenharia donde provêm. Trata-se, grosso modo, de simplificar teorias e sistemas de cálculo que, de outra forma, não seriam assimiláveis por alunos que não possuem as ferramentas e os conceitos matemáticos e físicos que normalmente acompanham a aprendizagem em engenharia. A este imperativo em manipular, ainda que de forma rudimentar, as linguagens das ciências exactas, contrapõe-se um entorpecimento provocado por dois ou três anos de abstinência nessas matérias e pela construção de um mundo de interesses cujo conhecimento, à partida, não necessita de raciocínios analítico-matemáticos. Assim, uma desmotivação crescente, ou mesmo, uma intimidação pelo curriculum do conhecimento estrutural, tem evadido o ensino dos sistemas estruturais.

Outra face do problema da aprendizagem das estruturas prende-se com o modo de fazer a aproximação à compreensão dos fenómenos estruturais. Como se fosse do interesse do arquitecto analisar quantitativamente uma solução estrutural.

Na realidade, em engenharia, a transmissão do conhecimento faz-se recorrendo a processos de abstracção e de redução paramétrica que têm

por objectivo um desenvolvimento de explicações quantitativas para os fenómenos físicos. Apesar dessa abstracção e redução serem passos importantes e necessários à análise de soluções para os problemas estruturais; perceber o comportamento estrutural através de componentes de análise matemática e fórmulas abstractas do comportamento físico, cria sérios impedimentos à formação de uma sensibilidade e intuição estrutural como ferramenta de projecto.

Como já se adiantou, não se pode ignorar que a transmissão do conhecimento em arquitectura, como em qualquer outra aprendizagem que envolva o processo criativo, depende do modo como os alunos se envolvem. Se eles não interpretam a informação adquirida num contexto de acção projectual ou de análise crítica de situações construídas, não serão capazes de reconhecer a sua importância e relevância, e por consequência, não estão aptos a assimilar adequadamente aquilo que é transmitido.

O mundo do projecto de arquitectura está cheio de regulamentos e normas relativas ao uso e à construção do espaço habitável. O conhecimento científico é uma parte indispensável do pensamento e da educação do arquitecto: problemas técnicos pedem soluções técnicas. No entanto a questão premente, como se viu anteriormente, é sobre a forma como esse conhecimento tecnológico é usado e transformado em arquitectura.

Dada a peculiaridade do conhecimento projectual, o aluno deveria ser conduzido a explorar as consequências arquitectónicas de uma escolha técnica ao mesmo tempo que procura configurações espaciais alternativas; seria importante que descobrisse os caminhos que associa a determinada solução espacial uma particular solução estrutural. Compreender como cada um destes aspectos, estruturais e espaciais, encontram o seu sentido e a sua confluência justificaria outros meios que não os exclusivamente quantitativos.

A exploração da tensão entre o quantitativo e o qualitativo, a contaminação pela história das evoluções tecnológicas e da própria arquitectura, a miscigenação com outras áreas do saber, a exemplificação experimental de alguns fenómenos, são tarefas que trariam maior eficácia à transmissão desses conhecimentos específicos oriundos das engenharias: *“Um ensino conceptual e crítico que não é o*

mesmo que se ministra nas faculdades respectivas.”¹⁴¹

Parece ser mais razoável que os alunos adquiram alguns princípios teóricos básicos que possibilitem a montagem equilibrada dos parâmetros essenciais de um problema (o ‘*problem setting*’) em vez de memorizarem um conjunto de fórmulas e detalhes que pertencem a outras actividades particulares da acção técnica, mais ligadas à noção do ‘*problem solving*’, atrás definido.

Uma vez mais, a *compreensão intersubjectiva* e o *pensamento complexo*, a que apela Edgar Morin, conforma um bom ponto de partida para reflectir sobre o enquadramento das disciplinas técnicas “especializadas” na cultura pedagógica do projecto.

¹⁴¹ PORTAS, Nuno – “*Ensino: os Projectos dos Arquitectos*”, Jornal dos Arquitectos nº201, p.28.

NOTAS FINAIS

Ao longo destas páginas expôs-se o fenómeno arquitectónico decorrendo de um processo activo entre matéria e forma. Para isso enfatizou-se a influência do saber tecnológico no estabelecimento da relação entre o conhecimento da arquitectura e a sua materialização.

Delimitaram-se três campos de análise onde aferimos alguns dos conflitos provocados pela presença de dinâmicas, interesses e modos distintos de apreensão da realidade arquitectónica.

No primeiro tema, caracterizou-se a acção técnica e tecnológica confrontando-a com as necessidades de expressão e de materialidade da forma arquitectónica. Agiu-se a partir de uma improbabilidade: o objecto arquitectónico enquanto artefacto exclusivamente técnico; deixou-se em aberto o papel da *função estética* na estabilização dos valores simbólicos, programáticos e técnicos, sintetizados nesse artefacto especial que é o objecto arquitectónico.

No segundo tema, analisou-se, à luz da complexidade e da diversidade do conhecimento tecnológico, a natureza do processo projectual. Trabalhou-se preferencialmente a dualidade de actuação existente entre a figura do engenheiro e do arquitecto.

O terceiro tema, que expõe em definitivo o objectivo central do trabalho – as matérias técnico-científicas no ensino da arquitectura – enumera algumas particularidades da aprendizagem do projecto. Isso serviu para criar um quadro de análise de algumas contradições (e mesmo perversidades) provocadas pela presença simultânea de modelos e estratégias pedagógicas estranhas à estrutura e aos automatismos do conhecimento projectual.

Estes três temas constituíram a segunda parte do trabalho. A primeira parte havia sido inteiramente dedicada à definição daquilo a que se apelidou a “*linguagem da gravidade*”. Na realidade, tratou-se de definir e consolidar, a partir de alguns acontecimentos da história da construção, um critério de análise da forma arquitectónica que cruzasse simultaneamente o pensamento científico abstracto com a acção prática, empírica e intuitiva, que o pensamento arquitectónico supõe.

Revisitando o que foi sendo dito sobre a *linguagem da gravidade*, é agora oportuno traçar as suas características marcantes:

1. A *gravidade*, enquanto fenómeno natural cientificamente formulado e delimitado, influencia as formas biológicas e condiciona a sua acção. Sabe-se da biomecânica que o mesmo organismo sujeito a forças gravíticas distintas sofreria uma modificação genética de adaptação ao meio, que conduziria ao desenvolvimento de formas orgânicas diferenciadas. Sucede assim com o corpo humano: a mecânica muscular, a estrutura óssea e a distribuição da massa constituem um sistema organizado para compatibilizar a presença da gravidade com as funções vitais e com a sua actuação sobre o meio. Portanto, o fenómeno gravítico transforma-se numa experiência física da organização da matéria em que nos revemos diariamente: temos um centro de gravidade dinâmico que permite manter o equilíbrio e a verticalidade, desenvolvemos a vida sobre o solo, procuramos a horizontalidade para descansar porque nos garante a estabilidade sem recurso a meios activos, criamos a noção do pesado e do leve dos objectos comparando-os com o nosso corpo, etc. Simultaneamente, experimentamos estas condições num contexto exterior ao corpo: quando nos sentamos verificamos as pernas da cadeira a entrar pelo solo arenoso, observamos sobre as nossas cabeças a abóbada da gruta que sustém o solo, presenciamos a elasticidade da teia da aranha, sentimos o equilíbrio e a resistência de uma árvore quando exposta a ventos, etc. Tudo isto constitui um universo fenomenológico que experimentamos durante toda a vida. A percepção da *gravidade* torna-se então, ela própria, uma experiência assimilada intuitivamente, formando parte da memória activa manuseável.
2. Associou-se o nome *gravidade* à condição de *linguagem*. Desta forma aplicou-se a um fenómeno que é físico uma categoria que denuncia a existência de um sistema organizado de comunicação. Sem entrarmos pelo domínio da semiótica, circunscrevemos o conceito de *linguagem da gravidade* a uma forma de expressão (visual) com uma gramática própria. Uma gramática que combina o conhecimento científico do fenómeno com a lógica da sintaxe arquitectónico. A *linguagem da gravidade* permite assim traduzir toda a análise estrutural de um edifício num princípio integrador das duas possíveis leituras da descida das cargas até ao solo: a que expressa a função estrutural enquanto razão científica e técnica, e a

que enquadra os elementos estruturais, as suas articulações, numa racionalidade espacial própria do conhecimento arquitectónico.

3. A *linguagem da gravidade* confere também os critérios para reflectir sobre uma ‘moral construtiva’, representada na liberdade de escolha de uma verdade construtiva que pode ser expressa com diferentes propósitos (esqueleto à vista ou escondido, a inversão do cone de forças, etc). O modo como a gravidade é interpretada na forma construída denuncia sempre uma relação não neutral da arquitectura com o saber técnico: “*S’il n’y avait pas la gravité, on ne pourrait pas faire la différence entre l’architecture et la construction*”.¹⁴²

A *linguagem da gravidade* poderá então constituir um meio para clarificar as ligações sempre complexas que se estabelecem entre técnica e arquitectura. Com efeito, aplicando-a aos três temas desenvolvidos, poder-se-á obter material de reflexão pertinente ao entendimento da arquitectura contemporânea, da função do arquitecto e do conhecimento projectual.

Sobre o primeiro tema – “O objecto arquitectónico enquanto artefacto técnico” – analisar a *linguagem da gravidade* que o objecto construído expressa significa desmontar um processo que contrapõe a técnica como acção produtiva e a técnica como signo. Nesse contexto, existem alguns temas caros à teoria da arquitectura que poderiam ser tratados à luz da lógica descendente das cargas: a estrutura como tema de composição e o princípio do revestimento, a distribuição espacial, o tectónico, o sólido e o leve, o valor do detalhe construtivo, a hierarquização das formas e dos materiais. Simultaneamente poderia ser verificado de que modo o tratamento dessas questões depende de um conhecimento científico dos fenómenos e dos meios tecnológicos que a indústria disponibiliza. Retomando o sentido do termo grego *techné* como conhecimento de síntese entre arte, técnica e ciência, podemos dizer que a abordagem da questão técnica da forma arquitectónica, efectuada à luz da *linguagem da gravidade*, tenderia para uma leitura

¹⁴² CIRIANI, Henri – “*La gravité comme morale constructive*”, em “*Les Architectes et la Construction*”, p.39.

abrangente do fenómeno estrutural.

Quando se analisa o segundo tema – “O saber técnico no projecto: entre a invenção e a criação” – pelo ângulo da *linguagem da gravidade*, dois problemas parecem adquirir maior relevo: a relação profissional que se estabelece entre arquitectos e engenheiros; e a prática ética do ofício.

Sobre a primeira questão, a *linguagem da gravidade* pode constituir uma plataforma de entendimento mútuo, pois como foi referido ela apresenta um vocabulário comum às duas áreas. O entendimento sobre o fenómeno da gravidade, indissociável nos seus aspectos ligados ao funcionamento estrutural e à composição arquitectónica, poderá permitir uma linguagem de consenso entre um conhecimento que se estrutura a partir de metodologia científica e um saber mais empírico e intuitivo característico do pensamento projectual do arquitecto.

Relativamente aos contornos de uma ética profissional, a *linguagem da gravidade* remete directamente para o conceito de verdade em arquitectura. Como se verificou, isto poderá ser colocado a vários níveis: a *racionalidade estrutural*, patente no modo como se gastam as energias em esconder ou forçar o caminho da força até ao chão, recorrendo a meios extremamente onerosos; a *verdade construtiva* enquanto estratégia de adequação dos recursos materiais e humanos para a elaboração de um objecto socialmente útil.

A reflexão sobre a interpretação estática, ética e estética das soluções arquitectónicas pode constituir um espaço de discussão importante para o conhecimento da realidade contemporânea.

Sobre o terceiro tema – “O ensino da ciência da construção” – a noção de gravidade, no seu sentido lato, pode constituir um instrumento pedagógico importante para a integração do conhecimento estrutural na metodologia projectual. Como se referiu, a familiaridade do aluno com algumas manifestações físicas da gravidade pode encontrar na analogia de fenómenos formas de aferir e integrar intuitivamente novos conhecimentos. Como refere Peter Zumthor,

“os estudantes têm de aprender a trabalhar conscientemente com as suas experiências biográficas e pessoais da arquitectura. As tarefas que lhes são dadas são concebidas de

forma a pôr este processo em andamento.”¹⁴³

O pensamento sobre a lógica de actuação da gravidade pode estabelecer uma compreensibilidade que integre o comportamento físico da matéria nos outros requisitos funcionais e expressivos do espaço arquitectónico. Desenhar e pensar no contexto da *linguagem da gravidade* constituirá, possivelmente, uma base de trabalho para aferir tanto os princípios físicos e mecânicos das formas como a sua integração na ideia global de arquitectura.

Por fim, o entendimento da *linguagem da gravidade* pressupõe uma análise da história da arquitectura que é transversal à história do conhecimento científico e das técnicas utilizadas (tal como foi verificado na primeira parte do trabalho). A transmissão dos conhecimentos físicos do fenómeno gravítico, utilizando os instrumentos da história e a percepção sensorial da gravidade como meios complementares à análise quantitativa, evoca uma visão da aprendizagem que mistura o conhecimento da cultura técnica com a científica e a arquitectónica. É neste quadro, onde se cruzam sucessivamente as várias facetas do saber arquitectónico, que interessa inserir o conhecimento do que chamamos a *linguagem da gravidade*.

¹⁴³ ZUMTHOR, Peter – “*Pensar la arquitectura*”, p.55.

BIBLIOGRAFIA

ABALOS, Iñaki; HERREROS, Juan – **Técnica y Arquitectura en la Ciudad Contemporánea**. Madrid: Editorial Nerea, 1992.

AKIN, Omer – **Variants in Design Cognition** [em linha]. <URL:<http://www.andrew.cmu.edu>>

ALBA, Antonio Fernández – **Cinco Cuestiones de Arquitectura**. Madrid: Taller de Ediciones Josefina Betancor, 1974.

ALLEN, Stan; FOSTER, Hal – **A Conversation with Kenneth Frampton** [em linha]. In October 106. October Magazine/MIT. (2003) 35-58. <URL:<http://mitpress.mit.edu/journals>>

ARENDT, Hannah – **A Condição Humana**. Lisboa: Relógio D'Água, 2001 (1958).

BALMOND, Cecil – **Tecnologia: un agujero negro?** Quaderns 199. Barcelona: Colegio de Arquitectos de Cataluña. (1995) 87-91.

BANHAM, Reyner – **Deseos y prejuicios: La frugalidad de un artesanato industrial**. A&V nº23. Madrid: Arquitectura Viva. (1990) 12-16.

BANHAM, Reyner – **The Architecture of the Well-Tempered Environment**. University of Chicago Press, 1973.

BANHAM, Reyner – **Theory and Design in the First Machine Age**. International Thomson Publishing, 2000.

BARBISAN, Umberto – **Galileo Galilei: la resistenza dei materiali** [em linha]. <URL:<http://www.tecnologos.it/articoli>>

BENEVOLO, Leonardo – **Historia de la Arquitectura del Renacimiento: la Arquitectura Clássica**. Barcelona: Gustavo Gili, 1988 (1981).

BENEVOLO, Leonardo – **Historia de la Arquitectura Moderna**. Barcelona: Gustavo Gili, 1987 (1974).

BENJAMIN, Walter – **Sobre Arte, Técnica, Linguagem e Política**. Lisboa: Relógio D'Água, 1992.

BEST, David – **A Racionalidade do Sentimento: o papel das artes na educação**. Porto: Edições Asa, 1996 (1992).

BONO, Edward de – **Creatività e Pensiero Laterale: manuale di pratica della fantasia**. Milano: RCS Libri, 1998 (1970).

BUCHANAN, Peter – **Entre el Diseño y la Ingeniería: La tecnología al servicio del hombre**. A&V nº23. Madrid: Arquitectura Viva. (1990).

CHECCUCCI, Lorenzo - **Il Telaio** [em linha]. <URL:<http://www.materia.it/materia/tecnicaHome/34>>

COLLINS, Peter – **Los Ideales de la Arquitectura Moderna; su evolución (1750-1950)**. Barcelona: Gustavo Gili, 1977.

DI PASQUALE, Salvatori – **L'Arte del Costruire: tra conoscenza e scienza**. Venezia: Marsilio Editori, 1996.

DURAND, Jean-Nicolas-Louis. **Lezioni di Architettura**. Torino: Città Studi Edizioni, 1986.

ELLIOTT, Cecil D. – **Technics and Architecture**. Cambridge: The MIT Press, 1992.

FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (ed.) – **Arquitectura, Técnica y Naturaleza: en el ocaso de la modernidad**. Madrid: MOPU, 1984.

FILGUEIRAS, Octávio Lixa – **Da Função Social do Arquitecto**. Porto: ESBAP, 1985 (1962).

FORD, Edward R. – **Details of Modern Architecture: Volume 2 – 1928 to 1988**. Cambridge: The MIT Press, 1996.

FOUCAULT, Michel – **As Palavras e as Coisas**. Lisboa: Edições 70, 1991.

FRAMPTON, Kenneth – **Estudios Sobre Cultura Tectónica: Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX**. Madrid: Akal Ediciones, 1999 (1995).

FRAMPTON, Kenneth – **Labour, Work and Architecture**. London: Phaidon Press, 2002.

FRAMPTON, Kenneth – **Technoscience and Environmental Culture: A provisional critique** [em linha]. In *Journal of Architectural Education*. ACSA. (2001) 123-129. <URL:<http://mitpress.mit.edu/catalog>>

GALISON, Peter; THOMPSON, Emily – **The Architecture of Science**. Cambridge: The MIT Press, 1999.

GIEDION, Sigfried – **La Mecanización Toma el Mando**. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

GORDON, J. E. – **Estructuras: o por qué las cosas no se caen**. Madrid: Celeste Ediciones, 1999 (1978).

GORDON, J. E. – **La Nueva Ciencia de los Materiales**. Madrid: Celeste Ediciones, 2002 (1968).

GREGOTTI, Vittorio – **Architettura, Tecnica, Finalità**. Roma: Editori Laterza, 2002.

GREGOTTI, Vittorio – **Il Territorio Dell'Architettura**. Milano: Feltrinelli, 1993 (1966)

GREGOTTI, Vittorio – **Seis Claves: Reflexiones sobre la creación**. Arquitectura Viva 4. Madrid: Arquitectura Viva. (1989) 54.

GREGOTTI, Vittorio, [et al.] – **Elogio della Tecnica**. Casabella nº480. Milano: Mondadori. Maio 1982.

HEIDEGGER, Martin – **Conferencias y Artículos**. Barcelona: Ediciones Del Serbal, 1994.

HEREU, Pere; MONTANER, Josep Maria; OLIVERAS, Jordi – **Textos de Arquitectura de la Modernidad**. Madrid: Editorial Nerea, 1994

HEYMAN, J. – **La Ciencia de las Estructuras**. Madrid: Instituto Juan de Herrera ETSAM, 1999.

HUERTA, Santiago (ed.) – **Proceedings of the First International Congress on Construction History (vol. I, II, III)**. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2003.

JORDAN, R.Furneaux – **História da Arquitectura no Ocidente**. Lisboa: Editorial Verbo, 1985 (1969).

KANT, Emmanuel – **Crítica da Razão Pura**. Lisboa: Fundação C. Gulbenkian, 2001.

KOSTOF, Spiro (ed.) – **El Arquitecto: História de una profesion**. Madrid: Ed. Catedra, 1984.

KROES, Peter – **Design Methodology and the Nature of Technical Artefacts** [em linha]. <URL:<http://www.elsevier.com/locate/destud>>

LE CORBUSIER – **Hacia una Arquitectura**. Barcelona: Ediciones Apóstrofe, 1998 (19??).

MAINSTONE, Rowland J. – **Developments in Stuctural Form**. Middlesex: Penguin Books, 1983 (1975).

MALDONADO, Tomás – **¿Es La Arquitectura Un Texto?: y otros escritos**. Buenos Aires: Ediciones Infinito, 2004.

MANZINI, Ezio – **A Matéria Da Invenção**. Lisboa: Centro Português de Design, 1993 (1986).

MARK, Robert – **Tecnologia Arquitectónica Hasta la Revolución Científica**. Madrid: Ediciones Akal, 2002 (1993).

MONTANER, Josep Maria – **Después del Movimiento Moderno: Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1993.

MORIN, Edgar – **O Método IV. As Ideias: A sua natureza, vida, habitat e organização**. Lisboa: Publicações Europa-América, 2002 (1991).

MORIN, Edgar – **Os Sete Saberes Para a Educação Do Futuro**. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

MORIN, Edgar – **Reformar o Pensamento**. Lisboa: Instituto Piaget, 2002 (1999).

MUKAROVSKÝ, Jan – **Escritos de Estética y Semiótica del Arte**. Barcelona: Gustavo Gili, 1977 (1975).

MUMFORD, Lewis – **Arte e Técnica**. Lisboa: Edições 70, 2001 (1952).

MUMFORD, Lewis – **Técnica y Civilización**. Madrid: Alianza Universidad, 1987.

MUNARI, Bruno – **Artista e Designer**. Lisboa: Edições 70, 2001 (1971).

MUNARI, Bruno – **Fantasia: invenção, criatividade e imaginação**. Lisboa: Editorial Presença, 1987.

NERVI, Pier Luigi – **Scienza o Arte del Construire?** Milano: Città Studio, 1997 (1945).

PARICIO, Ignacio – **Arquitecturas «high-tech»: Entre la alta costura y la alta competición**. Arquitectura Viva 4. Madrid: Arquitectura Viva. (1989) 11-14

PARICIO, Ignacio – **Construcciones para Iniciar un Siglo**. Barcelona: Bisagra, 2000.

PARICIO, Ignacio – **La Construcción de la Arquitectura (Vol. I, II e III)**. Barcelona: ITeC, 1999.

PELLETIER, Louise; PÉREZ-GÓMEZ, Alberto – **Architecture Ethics and Technology**. Montreal: McGill-Queen's University Press, 1994.

PÉREZ-GÓMEZ, Alberto – **Architecture and the Crisis of Modern Science**. Cambridge: The MIT Press, 1983.

PETERS, Tom F. – **Building The Nineteenth Century**. London: The MIT Press, 1996.

PFAMMATTER, Ulrich – **The Making of the Modern Architect and Engineer**. Basileia: Birkhäuser, 2000.

PIANO, Renzo - **La Responsabilità dell'Architetto**. Firenze: Passigli Editori, 2002.

PIANO, Renzo – **Elogio della Costruzione** [em linha]. [consult. 04 de Agosto 2005]. <URL:http://www.oppo.it/utilita/elogia_costruzione.htm>

PICON, Antoine – **Architectes et Ingénieurs au Siècle de Lumières**. Marseille: Editions Parenthèses, 1988.

PICON, Antoine - **La Notion Moderne de Structure** . IN PICON-LEFEBVRE, Virginie; SIMONNET, Cyrille, ed. – **Culture Constructive**. Marseille: Editions Parenthèses, 1992.

PICON, Antoine; PONTE, Alessandra (dir.) – **Architecture and the Sciences: exchanging metaphors**. New York: Princeton Architectural Press, 2003

PICON-LEFEBVRE, Virginie; SIMONNET, Cyrille – **Les Architectes et la Construction**. Altedia Communication, 1995.

PIÑON, Helio – **No hay proyecto sin materia**. Materia y Forma. Valencia: Ediciones Generales de la Construcción. (2003) 12-15.

PORTAS, Nuno – **Ensino: os Projectos dos Arquitectos**. Jornal Arquitectos nº201. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, Maio/Junho 2001.

QUARONI, Ludovico – **Proyectar Un Edificio: Ocho lecciones de arquitectura**. Madrid: Xarait Ediciones, 1987 (1977).

RAMALHO, Pedro – **Construção e Projecto**, texto policopiado apresentado no “Encontro sobre o ensino da arquitectura da Faup”, Esposende 1999.

RICE, Peter – **An Engineer Imagines**. London: Artemis, 1993.

ROGERS, Ernesto N. – **Gli Elementi Del Fenomeno Architettonico**. Napoli: Guida Editori, 1981.

SANDAKER, Bjorn Normann; EGGEN, Arne Petter – **The Structural Basis Of Architecture**. New York: Whitney Library Of Design, 1992.

SIMON, H. A. – **The Sciences of the Artificial**. Cambridge: The MIT Press, 1996.

SIZA VIEIRA, Álvaro– **Enseñanza y Proyecto**. Quaderns 176. Barcelona: Colegio de Arquitectos de Cataluña. (1988) 50-51.

SOLÀ-MORALES, Ignasi de – **Diferencias: Topografía de la Arquitectura Contemporánea**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili , 2003.

TÁVORA, Fernando – **Da Organização do Espaço**. Porto: ESBAP, 1982 (1962).

TÁVORA, Fernando – **Homenagem a Siza Vieira**. Jornal Arquitectos nº112/113. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses, Junho/Julho 1992.

TORROJA, Eduardo – **Razón y Ser de los Tipos Estructurales**. Madrid: Instituto E. Torroja, 1960.

VASELY, Dalibor – **Architecture in the Age of Divided Representation: The question of creativity in the shadow of production**. Cambridge: The MIT Press, 2004.

VIEIRA, Joaquim – **O Desenho e o Projecto São o Mesmo?** Porto: FAUP Publicações, 1995.

VILLALBA, Antonio Castro – **Historia de la Construcción Arquitectónica**. Barcelona: Edicions UPC, 1995

VITRUVIO POLIÓN, Marco – **Los Diez Libros de Arquitectura**. Barcelona: Editorial Iberia, 1991.

VOYATZAKI, Maria (ed.) – **Architecture and Engineering: The teaching of architecture for multidisciplinary practice**. Thessaloniki: EAAE, 1999.

WITTKOWER, Rudolf – **Architectural Principles in the Age of Humanism**. London: Academy Editions, 1988 (1949).

ZEVI, Bruno – **Arquitetura in Nuce: Uma definição de arquitetura**. Lisboa: Edições 70, 1986 (1979).

ZUMTHOR, PETER – **Pensar la Arquitectura**. Barcelona: Gustavo Gili, 2004.

Guia do Estudante da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto. Porto: FAUP, 1986.

Guia do Estudante da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto. Porto: FAUP, 2004.